



PATENT

Docket No. 12219/36

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANTS: Takayoshi TOGINO
SERIAL NO. : 10/612,092
FILED : 3 July 2003
FOR : PROJECTION VIEWING SYSTEM


COMMISSIONER FOR PATENTS
P. O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313

CLAIM TO CONVENTION PRIORITY UNDER 35 U.S.C. § 119

SIR:

The Convention Priority Dates of Japanese Patent Application No. 2002-206860 filed in Japan on 16 July 2002, and No. 2002-304555 filed 18 October 2002 were claimed in the Declaration/Power of Attorney filed on even date hereof. To complete the claim to the Convention Priority Dates of said Japanese Patent Applications, certified copies thereof are submitted herewith.

Respectfully submitted,



John C. Altmiller
(Reg. No. 25,951)

Dated: 22 January 2004

KENYON & KENYON
1500 K Street, N.W., Suite 700
Washington, DC 20005-1257

Tel: (202) 220-4200
Fax: (202) 220-4201

06/14203A
(1)

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 7月16日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-206860

[ST.10/C]:

[JP2002-206860]

出 願 人

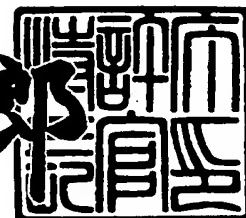
Applicant(s):

オリンパス光学工業株式会社

2003年 6月30日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3051730

【書類名】 特許願

【整理番号】 02P00994

【提出日】 平成14年 7月16日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G09G 3/02

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号
オリンパス光学工業株式会社内

【氏名】 研野 孝吉

【特許出願人】

【識別番号】 000000376

【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097777

【弁理士】

【氏名又は名称】 菫澤 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100088041

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部龍吉

【選任した代理人】

【識別番号】 100092495

【弁理士】

【氏名又は名称】 蛭川昌信

【選任した代理人】

【識別番号】 100092509

【弁理士】

【氏名又は名称】 白井博樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100095120

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田 亘彦

【選任した代理人】

【識別番号】 100095980

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅井 英雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100094787

【弁理士】

【氏名又は名称】 青木 健二

【選任した代理人】

【識別番号】 100091971

【弁理士】

【氏名又は名称】 米澤 明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014960

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9102411

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 投影観察装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも 2 つ表示素子と、前記少なくとも 2 つの表示素子に表示された映像を異なる方向から拡大投影する少なくとも 2 つの投影光学系と、前記少なくとも 2 つの投影光学系で投影された像近傍に配置された共通の拡散板と、前記投影光学系各々の射出瞳を観察者側に投影する共通の接眼光学系とを備えていることを特徴とする投影観察装置。

【請求項 2】 前記投影光学系の光軸の何れか一方が前記接眼光学系と交差し、交差する点における前記接眼光学系の垂線とその光軸とのなす角が 10° 以上であることを特徴とする請求項 1 記載の投影観察装置。

【請求項 3】 前記投影光学系の少なくとも 1 つは、屈折率 (n) が 1 よりも大きい ($n > 1$) 媒質で形成された偏心プリズムを 1 個以上備えた偏心プリズム光学系からなり、前記偏心プリズムは、表示素子から射出された光束をプリズム内に入射する入射面と、その光束をプリズム内で反射する少なくとも 1 つの反射面と、光束をプリズム外に射出する射出面とを有し、その少なくとも 1 つの反射面が曲面形状を有し、その曲面形状が偏心によって発生する収差を補正する回転非対称な面形状にて構成されていることを特徴とする請求項 2 記載の投影観察装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、投影観察装置に関し、特に、1 つの投影面に投影された映像を同時に、異なる方向から観察可能にする投影観察装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、特開平 6 - 2 3 0 7 3 8 号公報には、ダブルレンチキュラスクリーンを使って観察方向により異なる画像の表示を同一のスクリーン上で行う方法が示されている。また、特開平 1 0 - 1 1 5 8 7 8 号公報には、回帰性スクリーンと

2つのプロジェクターにより立体映像を表示するシステムが開示されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、ダブルレンチキュラスクリーンを用い方法は、2つのレンチキュラスクリーンの位置合わせを厳密にする必要がある。また、プロジェクターの光を効率的に観察者に向けることができない。そこで、明るい観察像を得るためには非常に高輝度の光源が必要になる。

【0004】

また、回帰性スクリーンを用いる方法では、プロジェクター（投影光学系）の射出瞳位置に光線が収束してしまうために、効率の良い明るい観察像を観察することができない。

【0005】

また、映像表示装置において、1つの表示面に見る角度により異なる映像を表示する技術として、レンチキュラーシートやパララックスバリア方式等が使われていたが、明るい観察像を解像度を下げることなく観察できるものはなかった。

【0006】

本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、映像を1つの投影面投影し、投影された映像を少なくとも2つの異なる方向から観察可能な投影観察装置を提供することである。また、その際、簡単な構成でありながら、明るい映像を観察可能にする。また、少ない照明光量で明るい映像を観察可能にする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明の投影観察装置は、少なくとも2つ表示素子と、前記少なくとも2つの表示素子に表示された映像を異なる方向から拡大投影する少なくとも2つの投影光学系と、前記少なくとも2つの投影光学系で投影された像近傍に配置された共通の拡散板と、前記投影光学系各々の射出瞳を観察者側に投影する共通の接眼光学系とを備えていることを特徴とするものである。

【0008】

また、本発明の投影観察装置は、上記構成において、前記投影光学系の光軸の何れか一方が前記接眼光学系と交差し、交差する点における前記接眼光学系の垂線とその光軸とのなす角が 10° 以上であることを特徴とする。

【0009】

また、本発明の投影観察装置は、上記構成において、前記投影光学系の少なくとも1つは、屈折率(n)が1よりも大きい($n > 1$)媒質で形成された偏心プリズムを1個以上備えた偏心プリズム光学系からなり、前記偏心プリズムは、表示素子から射出された光束をプリズム内に入射する入射面と、その光束をプリズム内で反射する少なくとも1つの反射面と、光束をプリズム外に射出する射出面とを有し、その少なくとも1つの反射面が曲面形状を有し、その曲面形状が偏心によって発生する収差を補正する回転非対称な面形状にて構成されていることを特徴とする。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明において上記構成をとる理由とその作用について説明する。この説明において、観察方向が2つ以上ある場合に、特別な場合を除いて、それらの観察方向用の光学部材、素子、映像、射出瞳、観察者眼球等が共通でなく、別々のものである場合には、それらの部材等を示す符号の後に下付き数字“1”、“2”等を付加して、それぞれ対応する観察方向用のものであることを区別する。

【0011】

図1に、本発明の投影観察装置における光学系の概念図を示す。

【0012】

本発明の投影観察装置は、異なる方向から同時に、少なくとも2つの映像を観察可能にする投影観察装置である。そのため、本発明の投影観察装置では、少なくとも2つの表示素子 1_1 、 1_2 を備えていえる。この2つの表示素子 1_1 、 1_2 に異なる映像を表示すれば、少なくとも2人の観察者が、同時に異なる映像を見ることができる。なお、同一の映像を表示しても構わない。この少なくとも2つの表示素子 1_1 、 1_2 に表示された映像を観察者が見るためには、光学系が必

要である。そこで、本発明の投影観察装置では、2つの投影光学系 2_1 、 2_2 が表示素子 1_1 、 1_2 に対応して配置されている。

【0013】

これらの投影光学系 2_1 、 2_2 は、図1に示すように、投影像 5_1 、 5_2 を完全に重ねて接眼光学系3近傍に投影するか、図2に示すように、少なくとも一部が重なるように接眼光学系3近傍に投影する。この構成により、投影面（投影像 5_1 、 5_2 が投影される領域）が小さくなるので、接眼光学系3を小さくすることができる。

【0014】

そして接眼光学系3は、投影光学系 2_1 、 2_2 の射出瞳を観察者眼球 E_1 、 E_2 側に形成する働きを持っている。ここで、観察者眼球 E_1 、 E_2 側に形成された投影光学系 2_1 、 2_2 の射出瞳の像を 6_1 、 6_2 とする。このように、本発明は投影光学系 2_1 、 2_2 各々の射出瞳を、観察者眼球 E_1 、 E_2 側に投影する接眼光学系3を備えている。よって、観察者が、観察者眼球 E_1 、 E_2 を射出瞳 6_1 、 6_2 （投影光学系 2_1 、 2_2 の射出瞳像）に一致させることにより、投影光学系 2_1 、 2_2 を射出した投影光線を効率良く観察者眼球 E_1 、 E_2 に集めることが可能になる。この結果、低出力の光源を用いて表示素子 1_1 、 1_2 を照明しても、観察者は明るい観察像を観察することが可能となる。なお、本発明の投影観察装置は、投影光学系 2_1 、 2_2 の射出瞳を、観察者眼球 E_1 、 E_2 に投影しているということもできる。

【0015】

さらに、本発明の投影観察装置では、投影像 5_1 、 5_2 近傍に共通の単一の拡散板4を配置している。そして、拡散板4の拡散特性を利用して、図3に示すように、接眼光学系3で投影された投影光学系2の小さい射出瞳像6を、観察しやすい大きさの瞳径の射出瞳像60に拡大している。これにより、観察者の眼Eの位置が多少ずれても投影像 5_1 、 5_2 （図1、図2）を観察することが可能な、見やすい投影観察装置を提供することが可能となる。なお、拡散板4も投影面近傍に配置されるので、小型化ができる。

【0016】

なお、上述のように、接眼光学系3と拡散板4は、何れも投影光学系2、 2_1 、 2_2 により投影された投影像 5_1 、 5_2 の近傍に配置される。よって、接眼光学系3の少なくとも1面に、拡散作用をする拡散面を一体に設けてもよい。また、拡散板4を接眼光学系3とは別体のものとしてもよい。

【0017】

さて、以上のような本発明の投影観察装置においては、投影光学系 2_1 、 2_2 の光軸が接眼光学系3と交差する。そこで、何れか一方の光軸が交差する点における接眼光学系3の垂線とその光軸とのなす角が 10° 以上であることが望ましい。

【0018】

図4に示すように、投影光学系 2_1 、 2_2 から接眼光学系3が構成する投影面中心に伸びる光軸は、拡散板4と接眼光学系3の略中心を通過して観察者 M_1 、 M_2 の眼球位置に到達する。なお、ここでは拡散板4の拡散作用を考えないとしている。

【0019】

ところで、本発明の投影観察装置のように、1つの投影面に投影された映像を、少なくとも2人以上で観察する個人用ディスプレイとしての使用を考えると、投影面と観察者との距離は40cm～1m程度になる。一方、2人以上の観察者、ここでは2人の観察者 M_1 、 M_2 が顔を寄せて合って観察することは余りないので、両者の顔の中心間の距離は40cm以上離れると思われる。この場合、投影光学系 2_1 の光軸と投影光学系 2_2 の光軸とのなす角度は、 $53^\circ \sim 22.6^\circ$ になる。このように、お互いの顔が近づくことによる心理的ファクターを考えると、点Pにおける接眼光学系3の垂線Nと投影光学系 2_1 、 2_2 の光軸の少なくとも何れか一方の光軸とのなす角 α が 10° 以上であることが望ましい。ここで、点Pは、投影光学系 2_1 、 2_2 の光軸の少なくとも何れか一方が、接眼光学系3と交差する点である。また、接眼光学系3の垂線Nとは接眼光学系3の主面に対する垂線であり、接眼光学系3をフレネルレンズやフレネル反射鏡で構成する場合は、そのレンズや反射鏡に対する垂線となる。

【0020】

図4は2次元偏心的に投影光学系 2_1 、 2_2 を配置した場合であるが、3次元偏心的に配置する場合も同様のことがいえる。図5は、影光学系 2_1 、 2_2 を3次元偏心的に配置した時の模式図である。なお、図5では一方の投影光学系 2_1 のみしか図示していない。また、投影光学系 2_1 、 2_2 の射出瞳をそれぞれ 6_1 、 6_2 で示し、それらの接眼光学系3による投影像である射出瞳像を 6_1 、 6_2 で示してある。図5に示すように、投影光学系 2_1 、 2_2 を3次元偏心的に配置する場合も、図4と同様に、点Pにおける垂線Nと投影光学系 2_1 の光軸とのなす角 α を、 10° 以上にすることが望ましい。

【0021】

ところで、図4、図5に示す構成では、接眼光学系3に対して斜め方向から表示素子 1_1 、 1_2 の映像を投影する配置となっている。このような配置で、投影光学系 2 、 2_1 、 2_2 を回転対称な光学系で構成すると、投影された像はアオリ像となって像歪みを発生する。この像歪みは、図5に示すように、表示素子 1_1 、 1_2 の表示面と、投影光学系 2_1 、 2_2 の主面と、接眼光学系3の主面とを平行に配置し、投影光学系 2_1 、 2_2 を光軸に垂直にシフトした形態にすることにより補正できる。あるいは、シャイムフルクの法則を満たすようにこの三者を配置することにより、その像歪みを補正することができる。

【0022】

また、このような像歪みは、表示素子 1_1 、 1_2 に表示する像を、その像歪みをキャンセルするように予め歪ませておくことにより、電氣的に補正することもできる。

【0023】

さらに、上記の光学的な補正方法と電氣的な補正方法の両方を用いることも可能なことは言うまでもない。

【0024】

また、投影光学系 2 、 2_1 、 2_2 としては偏心光学系を使うことが望ましい。その場合、投影光学系 2 、 2_1 、 2_2 は回転非対称面を有することが望ましい。なお、回転非対称な曲面形状としては、限定的でないが、自由曲面を用いることが望ましい。自由曲面は、例えば米国特許第6,124,989号（特開200

0-66105号公報)の(a)式により定義される自由曲面であり、その定義式のZ軸が自由曲面の軸となる。

【0025】

また、投影光学系 2_1 、 2_2 の少なくとも1つは、屈折率(n)が1よりも大きい($n > 1$)媒質で形成された偏心プリズムを1個以上備えた偏心プリズム光学系から構成する。その偏心プリズムは、表示素子から射出された光束をプリズム内に入射する入射面と、その光束をプリズム内で反射する少なくとも1つの反射面と、光束をプリズム外に射出する射出面とを有する。そして、その少なくとも1つの反射面が、光束にパワーを与える曲面形状を有し、その曲面形状が偏心によって発生する収差を補正する回転非対称な面形状にて構成されているものとするのが好ましい。これにより、像歪補正能力が格段に向上する。特に、少なくとも2つの投影光学系 2_1 、 2_2 の光軸の相互になす角が 30° 以上の場合には好ましい。

【0026】

なお、本発明において投影光学系 2_1 、 2_2 として用いる偏心プリズム光学系は、偏心プリズムを1個又は複数個用いてたものでもよい。あるいは、図6に模式的に示すように、回転対称なレンズ系と偏心プリズムを組み合わせたものを用いてもよい。

【0027】

偏心プリズムの1例としては、表示素子 1_1 、 1_2 からの光束をプリズム内に入射させる入射面と、その入射面からプリズム内に入射した光束をプリズム内で反射する第1反射面と、その第1反射面で反射された光束をプリズム内で反射する第2反射面と、その第2反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とを備え、その入射面から第1反射面へ向かう光束と第2反射面から射出面へ向かう光束とがプリズム内で交差する面配置を有し、入射面、第1反射面、第2反射面、射出面の少なくとも1面が非回転対称面からなる偏心プリズムがある。

【0028】

このような偏心プリズムを用いると、プリズム内の光路が交差光路になり、反射面(第1反射面と第2反射面)での入射角度が小さくなる。その結果、偏心収

差の発生がを少なくすることができる。

【0029】

あるいは、投影光学系 2_1 、 2_2 に用いる偏心プリズムのもう1つの例としては、表示素子 1_1 、 1_2 からの光束をプリズム内に入射させる入射面と、その入射面からプリズム内に入射した光束をプリズム内で反射する第1反射面と、その第1反射面で反射された光束をプリズム内で反射する第2反射面と、その第2反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とを備え、その入射面と第2反射面とを1面で兼用した偏心プリズムがある。

【0030】

この第2反射面と入射面とを兼用するタイプの偏心プリズムは、第2反射面で光線を大きく屈曲させ、第1反射面は少ない屈曲角で光線を第2反射面へと反射するために、プリズム光学系の入射光線方向の厚さを薄くすることが可能なものである。

【0031】

さて、以上のように、投影光学系 2_1 、 2_2 を偏心プリズム光学系で構成すると、以下のような利点がある。それは、接眼光学系3に対して斜め方向から表示素子 1_1 、 1_2 の映像を投影する場合、偏心プリズム光学系を面对称形状に構成することにより、アオリ像の像歪みを補正することが容易になることである。すなわち、この斜め配置により発生する像歪みは、所定の方向から見た時に非対称な形状をしているが、偏心プリズム光学系によって発生する非対称な像歪みの発生方向と一致する。そのため、偏心プリズム光学系の偏心収差によりその像歪みを補正することが可能となり、収差補正が容易になる。なお、所定の方向とは、投影光学系 2_1 、 2_2 の光軸が接眼光学系3と交差する点Pとし、この点Pを含む偏心プリズム光学系の対称面方向のことである。

【0032】

もちろん、この場合も、このような像歪みは、表示素子 1_1 、 1_2 に表示する像をその像歪みをキャンセルするように予め歪ませて表示することにより、電氣的に補正することもできる。さらに、上記の光学的な補正方法と電氣的な補正方法の両方を用いることも可能なことは言うまでもない。

【0033】

ところで、このように投影光学系 2_1 、 2_2 を面对称形状の偏心プリズム光学系で構成して用いる場合においても、点Pにおける接眼光学系3の垂線と投影光学系 2_1 、 2_2 の光軸（少なくとも一方）とのなす角を、上記の通り 10° 以上とする必要がある。

【0034】

次に、偏心プリズム光学系と表示素子の好ましい配置を、図6を用いて説明する。図6において、点Pは偏心プリズム光学系 2_1 の光軸と接眼光学系3との交点である。偏心プリズム光学系 2_1 は対称面を有し、対称面が点Pを略含むように偏心プリズム光学系 2_1 が配置されている。また、偏心プリズム光学系 2_1 の入射面側（物体面側）には、表示素子 1_1 が配置されている。そして、表示素子 1_1 の表示画面が接眼光学系3近傍に投影されたときに、投影された表示画面の縦又は横方向が接眼光学系3の縦又は横方向と略一致するように、表示素子 1_1 を光軸の周りで回転させて配置する。偏心プリズム光学系 2_2 と表示素子 1_2 についても同じように配置する。

【0035】

このような表示素子 1_1 、 1_2 の配置により、接眼光学系3に対する投影光学系 2_1 、 2_2 の斜め配置によって発生する回転非対称な像歪みを、面对称形状の偏心プリズム光学系で補正できる。それだけでなく、何れの投影光学系 2_1 、 2_2 の偏心プリズム光学系も、同一形状のものとして用意すればよい。よって、例えば相互に面对称な形状のように、左右の投影光学系 2_1 、 2_2 を異なる形状に構成する場合に比べて、投影光学系 2_1 、 2_2 の製造コストを大幅に下げることが可能となる。

【0036】

次に、拡散板について説明する。拡散板4の拡散角は、半値全幅で 20° 以下であることが好ましい。前述のように、異なる方向から映像を見ることができるよう、本発明の投影観察装置は、投影光学系 2_1 、 2_2 が、接眼光学系3に対して所定の角度で配置されている。しかしながら、このように配置しても、拡散板4で拡散された光が広がりすぎると、一方の観察者の眼球に届くべき投影像の

光が、弱いながらも他方の観察者の目に届く場合がある。そこで、拡散板4に上記条件の拡散特性を持たせることにより、観察者別に投影像 5_1 、 5_2 を観察させることが可能となる。

【0037】

この条件の上限の 20° を上回ると、投影像 2_1 、 2_2 が異なる場合、投影像 5_1 、 5_2 がダブって見える「クロストーク」が発生してしまう。そのため、観察者は、表示内容を正しく観察することができなくなってしまう。なお、投影像 5_1 、 5_2 が同じものである場合は問題ない。また、拡散角が大きくなりすぎると、観察像の明るさが暗くなる。そのため、観察物体を照明する照明装置が大掛かりになってしまう。なお、拡散特性は、半値全幅から急に拡散光強度が低下することが好ましい。

【0038】

また、拡散板4は、10分の1全幅で拡散角が 40° 以下となる拡散特性を有することが好ましい。これは、10分の1全幅で少なくとも 40° 以上に拡散する光線は観察者に届かないので、上記条件を満足することにより、無駄な照明光が減り、照明光の利用効率が向上する。その結果、表示素子1、 1_1 、 1_2 を照明する光源として、小型で低出力のものを使うことが可能となる。よって、装置全体をコンパクトにすることができる。

【0039】

さらに、拡散板4は、10分の1全幅で拡散角が 30° 以下となる拡散特性を有することが好ましい。少なくとも 30° 以上に拡散する光線が観察者に届く割合は比較的少ないので、上記条件を満足することが更なる照明の効率的利用につながる。

【0040】

次に、上記のような拡散角を得るための拡散板4の表面粗さについて説明する。

【0041】

図7は拡散板4が透過型の場合である。透過型拡散板4から40cmの距離で $\phi 63\text{ mm}$ の大きさに光線を拡大しようとする、光線の拡散角は半値幅で4。

5° の拡散角を持つことが必要になる。拡散板4表面の微細な凹凸で光線を屈折させる場合、その凹凸の形状をsin波形状と仮定し、拡散面の屈折率を1.5とする。すると、図8に示すように、入射角を θ 、屈折角を θ' とし、 $\theta' - \theta = 4.5^\circ$ とスネルの式から、入射角 θ は約8.86°の傾きを持つ必要があることが分かる。つまり、表面荒さの傾きの最大値は8.86°であることが必要である。ここで、面の形状は滑らかなsin波形状としていることから、その形状は、

$$y = a \times \sin(2\pi x / T)$$

で表される。ここで、 a は振幅、 T は周期である。そして、その傾きは、

$$(\text{傾き}) = dy/dx = a \times \cos(2\pi x / T) \times 2\pi / T$$

となる。傾きが最大になるのは、 $x = 2\pi m$ (m は整数) のときであるから、

$$(\text{傾きの最大値}) = a \times 2\pi / T$$

となり、これが8.86°になるときの a/T を求めればよいことになる。

【0042】

$$(\text{傾きの最大値}) = a / T \times 2\pi = 8.86 / 180 \times \pi = 0.154$$

これから a/T を求めると、

$$a / T = 0.0246$$

となる。ここで、JIS B0601による算術平均荒さ Ra と a の関係は、形状が正弦波の場合は、

$$Ra / \sqrt{2} = a$$

となり、さらに凹凸の平均間隔 S_m と上記周期 T の関係は、

$$S_m = T$$

となる。これより、表面粗さに関しては以下の結果を得る。

【0043】

$$S_m = 28.7 Ra$$

の場合、拡散面の最大傾斜は8.83°となり、屈折率1.5の場合、光線の拡散半角4.5°、拡散全角で9°の拡散板が得られる。

【0044】

次に、図9は拡散板4が反射型の場合である。反射型拡散板4から40cmの

距離で $\phi 63\text{ mm}$ の大きさに光線を拡大しようとする、光線の拡散角は半値幅で 4.5° の拡散角を持つことが必要になる。拡散板 4 表面の微細な凹凸で光線を反射させる場合、その凹凸の形状を \sin 波形状と仮定すると、図 10 に示すように、入射角、反射角を θ とし、 $2\theta = 4.5^\circ$ から、入射角 θ は 4.5° の半分の約 2.25° の傾きを持つ必要があることが分かる。つまり、表面荒さの傾きの最大値は 2.25° であることが必要である。ここで、面の形状は滑らかな \sin 波形状としていることから、その形状は、

$$y = a \times \sin(2\pi x / T)$$

で表される。そして、その傾きは、

$$(\text{傾き}) = dy / dx = a \times \cos(2\pi x / T) \times 2\pi / T$$

となる。傾きが最大になるのは、 $x = 2\pi m$ (m は整数) のときであるから、

$$(\text{傾きの最大値}) = a \times 2\pi / T$$

となり、これが 2.25° になるときの a / T を求めればよいことになる。

【0045】

$$(\text{傾きの最大値}) = a / T \times 2\pi = 2.25 / 180 \times \pi = 0.03927$$

これから a / T を求めると、

$$a / T = 0.00625$$

となる。ここで、JIS B0601 による算術平均荒さ Ra と a の関係は、形状が正弦波の場合は、

$$Ra / \sqrt{2} = a$$

となり、さらに凹凸の平均間隔 S_m と上記周期 T の関係は、

$$S_m = T$$

となる。これより、表面粗さに関しては以下の結果を得る。

【0046】

$$S_m = 113.14 Ra$$

の場合、拡散面の最大傾斜は 2.25° となり、反射による拡散半角 4.5° 、拡散全角で 9° の反射型拡散板 4 が得られる。

【0047】

これを、2 回透過型拡散板、裏面鏡型拡散板についても検討すると、 S_m / R

a と拡散半角との関係は、拡散面の凹凸面を \sin 波形状に近似できる場合は、図 11 に示すようになる。

【0048】

以上のような知見から、拡散板 4 の表面粗さは、以下の条件を満足することが望ましい。

【0049】

$$5 < (S_m / R_a) < 1000 \quad \dots (1)$$

この条件は、拡散板 4 に好ましい拡散特性を持たせるために必要な条件であり、拡散特性を表面の微細な凹凸形状により与える場合である。光線を拡散させる方法に、拡散板 4 表面の微細な凹凸形状を用いると、拡散特性に波長依存性が非常に少なくなり好ましい。また、透過率も他の方法に比べて拡散板 4 表面でのフレネル反射のみになり、透過率の低下が少ない。さらに、AR（反射防止）コート等を行うことにより、さらに透過率を上げることが可能である。

【0050】

さらに好ましくは、

$$10 < (S_m / R_a) < 500 \quad \dots (1-1)$$

なる条件を満足することが好ましい。

【0051】

また、本発明の拡散板 4 の拡散面は、以下条件を満足するようなランダムな凹凸形状にするのがよい。これにより、広い射出瞳径で、ざらつき感のないクリアーで明るい観察像を得ることができる。

【0052】

1 回透過型の拡散板では、

$$5 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 70 \quad \dots (2)$$

2 回透過型の拡散板では、

$$10 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 80 \quad \dots (3)$$

表面反射型の拡散板では、

$$50 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 200 \quad \dots (4)$$

裏面反射型の拡散板では、

$$80 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 250 \quad \dots (5)$$

なる条件を満足することが好ましい。ここで、 S_m はJIS B0601による表面の凹凸の平均間隔 (μm)、 R_a は表面の中心線平均粗さ (μm)、 E_p は拡散面から観察者の眼の位置までの距離 (：アイポイント (mm)) である。

【0053】

上記条件式 (2) ～ (5) の下限を下回ると、拡散角が小さくなりすぎ、広い瞳径を得るところが難しくなる。また、上限を上回ると、拡散しすぎてしまい観察像が暗くなってしまう。

【0054】

なお、接眼光学系3にフレネルレンズを用いる場合には、拡散面の凹凸形状をランダムな配置にすることがより好ましい。凹凸形状に周期性があると、フレネルレンズのピッチと拡散面との間でモアレ縞が発生して観察像に重畳し、見にくい像となってしまう。

【0055】

上記条件式 (2) ～ (5) については、それぞれ以下のようにさらに限定することがより望ましい。

【0056】

1回透過型の拡散板では、

$$10 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 40 \quad \dots (2-1)$$

2回透過型の拡散板では、

$$15 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 60 \quad \dots (3-1)$$

表面反射型の拡散板では、

$$70 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 150 \quad \dots (4-1)$$

裏面反射型の拡散板では、

$$100 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 200 \quad \dots (5-1)$$

さらに好ましくは、拡散板の拡散面の表面の凹凸の平均間隔 S_m は、

$$S_m < 200 \mu m \quad \dots (6)$$

なる条件を満足することが好ましい。この条件 (10) は、観察画面のザラザラ感に関係している。拡散面の凹凸が $200 \mu m$ 以上だと、特に本発明のように投

影光学系 2、 2_1 、 2_2 からの光束が細い (NA が小さい) 光線で拡散板 4 近傍に投影像を形成する投影観察装置においては、この S_m が映像のザラザラ感 (シンチレーション) に大きく影響する。そのため、条件 (2) ~ (9) を満足しながら、本条件 (10) を満足するような拡散面であることが重要である。この条件 (10) を満足しないで、 S_m が $200\mu m$ 以上になると、ひどいときは観察者の眼を移動した場合に画面全体が細かく瞬くように見えるシンチレーションが見えてしまう。また、そこまでひどくなくても、映像がすりガラスに投影された映像のように画像のクリア感がなくなり、鮮やかな映像を観察することができない。

【0057】

さらに好ましくは、

$$S_m < 100\mu m \quad \dots (6-1)$$

なる条件を満足することが好ましい。

【0058】

さらに好ましくは、

$$S_m < 50\mu m \quad \dots (6-2)$$

なる条件を満足することが望ましい。

【0059】

さて、以上のような条件を満足する本発明の拡散板 4 としては、本出願人による特願 2001-370950 の作製方法で作製した拡散板が使用可能である。その拡散板としては、以下のものがある。

(1) サンドブラスト法により粒径が制限された球形ビーズを吹き付けて形成されたランダム配置の凹面群あるいはその凹面群に相似的な凹面群、又は、これら凹面群に相補的な凸面群を有する拡散板。

(2) 金属基板に球形ビーズを吹き付けて形成されたランダム配置の凹面群を型として透明基板に複製することにより作製された (1) の拡散板。

(3) 金属基板上に形成した加工層に球形ビーズを吹き付けて形成されたランダム配置の凹面群を金属基板表面に相似的に転写して形成されたランダム配置の凹面群を型として透明基板に複製することにより作製された (1) の拡散板。

- (4) 前記球形ビーズの粒径が 0. 0 1 m m から 2 m m のガラスビーズからなる(1) から(3) の拡散板。
- (5) 前記球形ビーズを吹き付ける空気圧が 0. 5 ~ 3. 0 k g / c m² である(4) の拡散板。
- (6) 前記金属基板が真鍮からなる(2) 、(4) 、(5) の拡散板。
- (7) 前記金属基板が前記球形ビーズより硬度の高い金属からなる(3) 、(4) 、(5) の拡散板。
- (8) 前記金属基板の表面に形成された凹面群を射出成形あるいはプレス成形により透明基板に複製した(2) ~ (7) の拡散板。
- (9) 基板上に樹脂の液滴を噴霧して付着させることにより形成されたランダム配置の凸面群を基板表面に相似的に転写して形成されたランダム配置の凸面群、又は、その凸面群に相補的な凹面群を有する拡散板。

【0 0 6 0】

さらに、特開平 9 - 1 2 7 3 1 2 号公報に記載されている拡散板を使うことができる。この拡散板は、透明基体の片面又は両面を粗面化して作製したものである。透明基体の片面又は両面を粗面化する方法としては、例えば以下の(1) ~ (4) の方法がある。(1) 透明基体の片面又は両面をエッチング処理する方法、(2) 樹脂にフィラーを、必要に応じて、水や有機溶剤と共に分散した塗料又はインクをコーティングや印刷を行うことにより、透明基体の片面若しくは両面上に単層又は多層に分けて設ける方法、(3) 樹脂やフィラー単体又はこの混合物からなる粉体を静電粉体コーティングや粉体電着コーティングにより、透明基体の片面又は両面に設ける方法、(4) 有機又は無機のフィラーを樹脂と共に、熱と圧力を加えることにより溶融し、この溶融物を押し出し成形や射出成形等によりフィルム化して成形する方法。この場合に、この拡散板の H A Z E 値(J I S K 7 1 0 5) が、1 0 ~ 4 0 の範囲にあることが好ましい。

【0 0 6 1】

また、特開 2 0 0 0 - 1 7 1 6 1 8 号公報で作製した拡散板を使うこともできる。この拡散板を作製する方法は、基体上に直接又は他の層を介して結着層を積層する工程と、フィラーを加圧媒体によって結着層に埋め込む工程と、その工程

で得た積層体に付着した余剰フィラーを除去する工程とを具備している。

【0062】

また、接眼光学系3としては、前記したように、フレネルレンズやフレネル反射鏡のようにフレネル面により構成されていることが望ましい。これにより、接眼光学系3を薄く構成でき、投影観察装置を小型で折り畳みやすいものにすることができる。また、後記の実施例のように凹面鏡1枚から構成されていてもよい。

【0063】

また、接眼光学系3を反射光学系で構成することにより、接眼光学系3の瞳収差の発生が少なくなる。すなわち、観察者側に形成された投影光学系2の射出瞳の収差を小さくなる。その結果、拡散板4の拡散性を上げなくても、観察視域が広くとれる。また、不要な方向に拡散する光が少なくなる分、照明の光量を上げなくても明るい観察像を観察できる。特に、本発明のように、接眼光学系3の光軸が偏心している光学系においては偏心収差の発生が大きい。しかも、接眼光学系3がシンプルな場合は、この偏心収差を補正する面を他に設けることが難しい。このような点からも、元々偏心収差の発生が少ない反射光学系を使うことは好ましいといえる。

【0064】

また、フレネル面は略平面で構成することが可能であることから、接眼光学系3をフレネル面で構成すると接眼光学系3を薄くすることが可能である。また、反射型のフレネル面では、光学作用面である輪帯状の反射面の光軸に垂直な面に対してなす角度が小さくなることにより、フレネルレンズで問題となるフレネル端面（非作用面）でのゴースト光の発生が少なくなる。また、光線の透過効率も高くできる。また、投影光学系 2_1 、 2_2 のなす角度を、前記のように大きくとる場合には望ましいものとなる。

【0065】

また、本発明の投影観察装置に用いる表示素子としては、液晶表示素子、DM D等の面型表示素子に限らず、特開2001-281583号公報等に記載の、光源からの光束を2次元方向に走査するジンバル構造の走査ミラーと走査光学系

とを組み合わせる表示素子を用いてもよい。この場合は、投影光学系は必ずしも必要なく、走査ミラーで2次元走査された光ビームを走査光学系で直接拡散板と接眼光学系位置近傍に集光させるようにしてもよい。あるいは、その走査面を投影光学系で拡散板と接眼光学系位置近傍に投影するようにしてもよい。

【0066】

以下に、本発明の投影観察装置の実施例について説明する。

【0067】

まず、接眼光学系3の実施例について説明する。本発明の投影観察装置に用いる接眼光学系の実施例は、実施例1乃至実施例3である。また、各実施例の光路図を、図12～図14に示す。各実施例において、光線追跡を面11（物体面）から面12（像面）までの逆光線追跡で行っている。ここで、面11は観察者瞳位置に相当し、面12は投影光学系の射出瞳に相当する。なお、実際の投影観察装置では、接眼光学系近傍に拡散作用を有する拡散面、又は拡散作用を有する拡散板を配置してある。しかしながら、以下に示す実施例1～3においては、拡散板あるいは拡散面はないものとしている。

【0068】

また、各面は接眼光学系3を基準とし、そこからの偏心量で表しており、拡散作用を持つ拡散面は接眼光学系3の面近傍に配置する。

【0069】

画面（接眼光学系）の大きさは、何れも162.56×121.92mmの大きさである。

【0070】

実施例1は、図12に示すように、アナモルフィック反射鏡31を接眼光学系3とて構成した例である。

【0071】

実施例2は、図13に示すように、自由曲面を反射面32として接眼光学系3を構成した例である。

【0072】

実施例3は、図14に示すように、入射面34を平面、裏面35をフレネル反

射面としたフレネル裏面反射鏡 33 で接眼光学系 3 を構成した例である。

【0073】

なお、以上の実施例 1～3 の構成パラメータは後記する。

【0074】

次に、投影光学系 2 の実施例について説明する。本発明の投影観察装置に用いる投影光学系の実施例は、実施例 4 乃至実施例 6 である。また、各実施例の光路図を、図 15～図 17 に示す。実施例 4～6 においても、逆光線追跡により光線追跡を行っている。すなわち、観察する画像の投影面から表示素子 1 に向かう順に、光線追跡を行っている。なお、観察する画像の投影面は、接眼光学系 3 の近傍に仮想的に配置される映像面である。また、この投影面の近傍には拡散板が配置されている。

【0075】

光線追跡は、この投影面を物体面とし、表示素子 1 表面を像面とする。絞り面には、投影光学系 2 の射出瞳 6' (図 10) が相当する。また、投影面 (物体面) 中心と絞り面 (投影光学系 2 の射出瞳面) 中心を通る光線を軸上主光線 10 と定義する。軸上主光線 10 が投影面の垂線となす角は 31.47° である。この値は、以下の実施例 4～6 においては、それぞれ後記の数値データにおける偏心 (1) に α と β から求めることができる。

【0076】

実施例 4 は、図 15 に示すように、投影光学系 2 は偏心プリズム 21 からなる。その偏心プリズム 21 は、第 1 面 41 から第 4 面 44 の 4 面を有している。実施例 4 では、表示素子 1 からの光束は第 1 面 41 を経てプリズム内に入射し、第 2 面 42、第 3 面 43 の順で内部反射され、第 4 面 44 を経てプリズム外に射出し、図示しない接眼光学系 3 近傍に表示素子 1 に表示された映像を投影する。この偏心プリズム 21 内では、第 1 面 41 から第 2 面 42 へ向かう光束と第 3 面 43 から第 4 面 44 へ向かう光束とがプリズム内で交差する面配置となっている。この例の場合、第 4 面 44 は球面、第 1 面 41 から第 3 面 43 は自由曲面からなり、偏心プリズム 21 は対称面を持たない 3 次元偏心した偏心プリズムである。

【0077】

この実施例の逆光線追跡での物体高は、 $162.50 \times 121.92 \text{ mm}$ 、入射瞳孔径 $\phi 5.0 \text{ mm}$ 、像高は $8.94 \times 6.76 \text{ mm}$ である。

【0078】

実施例5は、図16に示すように、投影光学系2は偏心プリズム21からなる。その偏心プリズム21は、第1面41から第4面44の4面を有している。第5実施例では、表示素子1からの光束は第1面41を経てプリズム内に入射し、第2面42、第3面43の順で内部反射され、第4面44を経てプリズム外に射出し、図示しない接眼光学系3近傍に表示素子1に表示された映像を投影する。この偏心プリズム21内では、第1面41から第2面42へ向かう光束と第3面43から第4面44へ向かう光束とがプリズム内で交差する面配置となっている。この例の場合、第1面41から第4面44は自由曲面からなり、偏心プリズム21は対称面を1つ持つ2次元偏心した偏心プリズムである。

【0079】

この実施例の逆光線追跡での物体高は、 $162.50 \times 121.92 \text{ mm}$ 、入射瞳孔径 $\phi 5.0 \text{ mm}$ 、像高は $8.94 \times 6.76 \text{ mm}$ である。

【0080】

実施例6は、図17に示すように、投影光学系2は偏心プリズム22からなる。その偏心プリズム22は、第1面41から第3面43の3面を有している。第6実施例では、表示素子1からの光束は第1面41を経てプリズム内に入射し、第2面42で内部反射され、そこでの反射光は再び第1面41に入射して今度は全反射され、その反射光は第3面43を経てプリズム外に射出し、図示しない接眼光学系3近傍に表示素子1に表示された映像を投影する。この偏心プリズム22では、入射面と第2反射面とを第1面41が兼用している。この例の場合、第1面41から第3面43は自由曲面からなり、偏心プリズム22は対称面を1つ持つ2次元偏心した偏心プリズムである。

【0081】

この実施例の逆光線追跡での物体高は、 $162.50 \times 121.92 \text{ mm}$ 、入射瞳孔径 $\phi 5.0 \text{ mm}$ 、像高は $8.94 \times 6.76 \text{ mm}$ である。

【0082】

以下に、上記実施例 1～6 の構成パラメータを示す。ここで、光線追跡は上記のように逆光線追跡で行う。実施例 1～3 においては、軸上主光線 10 を、物体面 11 中心を出て絞り面（接眼光学系 3 の入射面位置に配置されている。）中心を通り、像面 12 の中心に至る光線で定義する。また、実施例 4～6 においては、投影光学系 2 の表示面（物体面）中心から絞り面（投影光学系 2 の射出瞳面）中心を通り、表示素子 1 の中心に至る光線で定義する。

【 0 0 8 3 】

そして、逆光線追跡において、実施例 1～3 においては、絞り面中心を原点とし、絞り面を X-Y 面とし、絞り面に垂直な方向を Z 軸方向とし、接眼光学系 3 の裏面に向かう方向を Z 軸正方向としている。実施例 4～6 においては、投影光学系 2 の表示面（物体面）中心を原点として、軸上主光線 10 に沿う方向を Z 軸方向とし、物体面から投影光学系 2 の表示面に面した面に向かう方向を Z 軸正方向とし、図の面を Y-Z 平面とし、原点を通り Y-Z 平面に直交し、紙面の表から裏へ向かう方向を X 軸正方向とし、X 軸、Z 軸と右手直交座標系を構成する軸を Y 軸とする。

【 0 0 8 4 】

偏心面については、光学系の原点の中心 O からその面の面頂位置の偏心量（X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向をそれぞれ X, Y, Z）と、その面の中心軸（自由曲面については、前記（a）式の Z 軸、非球面については、下記（b）式の Z 軸、アナモルフィック面については、下記（c）式の Z 軸）の X 軸、Y 軸、Z 軸それぞれを中心とする傾き角（それぞれ α , β , γ (°)）とが与えられている。その場合、 α と β の正はそれぞれの軸の正方向に対して反時計回りを、 γ の正は Z 軸の正方向に対して時計回りを意味する。なお、面の中心軸の α , β , γ の回転のさせ方は、面の中心軸とその X Y Z 直交座標系を、まず X 軸の回りで反時計回りに α 回転させ、次に、その回転した面の中心軸を新たな座標系の Y 軸の回りで反時計回りに β 回転させると共に 1 度回転した座標系も Y 軸の回りで反時計回りに β 回転させ、次いで、その 2 度回転した面の中心軸を新たな座標系の新たな座標系の Z 軸の回りで時計回りに γ 回転させるものである。

【 0 0 8 5 】

また、本発明で用いられる自由曲面の面の形状は、例えば米国特許第6, 124, 989号（特開2000-66105号公報）の（a）式により定義される自由曲面であり、その定義式のZ軸が自由曲面の軸となる。

【0086】

また、非球面は、以下の定義式で与えられる回転対称非球面である。

【0087】

$$Z = (Y^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + K) Y^2 / R^2\}^{1/2}] + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + \dots \quad \dots (b)$$

ただし、Zを光の進行方向を正とした光軸（軸上主光線）とし、Yを光軸と垂直な方向にとる。ここで、Rは近軸曲率半径、Kは円錐定数、A、B、C、D、…はそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数である。この定義式のZ軸が回転対称非球面の軸となる。

【0088】

また、アナモルフィック面の形状は以下の式により定義する。面形状の原点を通り、光学面に垂直な直線がアナモルフィック面の軸となる。

【0089】

$$Z = (C_x \cdot X^2 + C_y \cdot Y^2) / [1 + \{1 - (1 + K_x) C_x^2 \cdot X^2 - (1 + K_y) C_y^2 \cdot Y^2\}^{1/2}] + \sum R_n \{ (1 - P_n) X^2 + (1 + P_n) Y^2 \}^{(n+1)}$$

ここで、例としてn=4（4次項）を考えると、展開したとき、以下の式（c）で表すことができる。

【0090】

$$Z = (C_x \cdot X^2 + C_y \cdot Y^2) / [1 + \{1 - (1 + K_x) C_x^2 \cdot X^2 - (1 + K_y) C_y^2 \cdot Y^2\}^{1/2}] + R_1 \{ (1 - P_1) X^2 + (1 + P_1) Y^2 \}^2 + R_2 \{ (1 - P_2) X^2 + (1 + P_2) Y^2 \}^3 + R_3 \{ (1 - P_3) X^2 + (1 + P_3) Y^2 \}^4 + R_4 \{ (1 - P_4) X^2 + (1 + P_4) Y^2 \}^5$$

・・・(c)

ただし、Zは面形状の原点に対する接平面からのズレ量、 C_x はX軸方向曲率、 C_y はY軸方向曲率、 K_x はX軸方向円錐係数、 K_y はY軸方向円錐係数、 R_n は非球面項回転対称成分、 P_n は非球面項回転非対称成分である。なお、X軸方向曲率半径 R_x 、Y軸方向曲率半径 R_y と曲率 C_x 、 C_y との間には、

$$R_x = 1 / C_x, R_y = 1 / C_y$$

の関係にある。

【0091】

なお、データの記載されていない自由曲面に関する項は0である。屈折率については、d線（波長587.56nm）に対するものを表記してある。長さの単位はmmである。

【0092】

以下に、上記実施例1～6の構成パラメータを示す。なお、以下の表中の“FS”は自由曲面、“ASS”は非球面、“ANM”はアナモルフィック面、“FL”はフレネル面、“RE”は反射面をそれぞれ示す。。

実施例1

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞		偏心(1)		
1	ANM①（絞り面，RE）				
像 面	∞		偏心(2)		
	ANM①				

R_x -502.13

K_x $1.0632 \times 10^{+1}$

R_1 5.3570×10^{-1}

R_2 6.9470×10^{-1}

R_y -399.96

K_y $1.0632 \times 10^{+1}$

P_1 1.0015×10^{-8}

P_2 1.9188×10^{-13}

偏心(1)

X -500.00 Y 150.38 Z -852.87

α -10.00 β -30.00 γ 0.00

偏心(2)

X 150.00 Y -45.12 Z -255.86

α 10.00 β 30.00 γ 0.00

【 0 0 9 3 】

実施例 2

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
-----	------	-----	----	-----	------

物体面	∞		偏心(1)		
-----	----------	--	-------	--	--

1 FFS① (絞り面, RE)

像 面	∞		偏心(2)		
-----	----------	--	-------	--	--

FFS①

C_4 -9.4100×10^{-4} C_6 -1.2455×10^{-3}

偏心(1)

X -500.00 Y 150.38 Z -852.87

α -10.00 β -30.00 γ 0.00

偏心(2)

X 150.00 Y -45.12 Z -255.86

α 10.00 β 30.00 γ 0.00

【 0 0 9 4 】

実施例 3

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
-----	------	-----	----	-----	------

物体面	∞		偏心(1)		
-----	----------	--	-------	--	--

1 ∞ (絞り面)

1.5163 64.1

2 ASS① (RE, FL)

偏心(2) 1.5163 64.1

3 ∞

像 面 ∞ 偏心(3)

A S S ①

R -1039.03

K $9.3942 \times 10^{+1}$

A -4.0647×10^{-8}

B 5.7192×10^{-12}

偏心(1)

X -500.00 Y 150.38 Z -852.87

α -10.00 β -30.00 γ 0.00

偏心(2)

X 0.00 Y -0.07 Z 2.00

α -0.49 β 0.00 γ 0.00

偏心(3)

X 150.00 Y -45.12 Z -255.86

α 10.00 β 30.00 γ 0.00

【 0 0 9 5 】

実施例 4

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
-----	------	-----	----	-----	------

物体面 ∞

1 ∞ (絞り面)

偏心(1)

2 -31.96

偏心(2)

1.5163

64.1

3 F F S ① (R E)

偏心(3)

1.5163

64.1

4 F F S ② (R E)

偏心(4)

1.5163

64.1

5 F F S ③

偏心(5)

像 面 ∞

偏心(6)

F F S ①

C₄ -6.4108×10^{-3}

C₅ -2.2047×10^{-3}

C₆ -2.9435×10^{-3}

C₇ 9.2182×10^{-5}

C₈ 1.0060×10^{-4}

C₉ 4.0049×10^{-5}

C_{10}	1.4752×10^{-4}	C_{11}	-7.3826×10^{-7}	C_{12}	6.2547×10^{-6}
C_{13}	1.2865×10^{-5}	C_{14}	1.2474×10^{-5}	C_{15}	2.9731×10^{-6}

F F S ②

C_4	7.1821×10^{-3}	C_5	-2.8610×10^{-3}	C_6	9.5508×10^{-3}
C_7	1.7341×10^{-4}	C_8	7.8182×10^{-5}	C_9	1.2745×10^{-4}
C_{10}	7.1777×10^{-5}	C_{11}	-8.1357×10^{-7}	C_{12}	3.6024×10^{-6}
C_{13}	5.0757×10^{-6}	C_{14}	6.3865×10^{-6}	C_{15}	1.9517×10^{-6}

F F S ③

C_4	4.6394×10^{-2}	C_5	-1.3097×10^{-2}	C_6	7.4505×10^{-2}
-------	-------------------------	-------	--------------------------	-------	-------------------------

偏心(1)

X	-150.00	Y	-45.12	Z	255.86
α	-10.00	β	30.00	γ	0.00

偏心(2)

X	-150.00	Y	-45.12	Z	255.86
α	-10.00	β	30.00	γ	-3.54

偏心(3)

X	-159.00	Y	-47.82	Z	271.21
α	-35.85	β	28.84	γ	9.32

偏心(4)

X	-153.47	Y	-36.54	Z	264.72
α	-81.82	β	13.93	γ	27.06

偏心(5)

X	-154.43	Y	-54.14	Z	261.05
α	-101.77	β	3.06	γ	30.05

偏心(6)

X	-154.64	Y	-58.08	Z	260.23
α	-90.06	β	-6.80	γ	36.96

[0 0 9 6]

実施例 5

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞				
1	∞ (絞り面)		偏心(1)		
2	FFS①		偏心(2)	1.5163	64.1
3	FFS② (RE)		偏心(3)	1.5163	64.1
4	FFS③ (RE)		偏心(4)	1.5163	64.1
5	FFS④		偏心(5)		
像 面	∞		偏心(6)		
FFS①					
C_4	-1.9257×10^{-23}	C_6	$1.3899 \times 10^{-2}U$		
FFS②					
C_4	-3.2785×10^{-3}	C_6	-2.3074×10^{-3}	C_8	2.8438×10^{-4}
C_{10}	1.7697×10^{-4}	C_{11}	1.2304×10^{-5}	C_{13}	7.7102×10^{-6}
C_{15}	9.3436×10^{-6}				
FFS③					
C_4	1.0517×10^{-2}	C_6	9.7656×10^{-3}	C_8	2.2185×10^{-4}
C_{10}	1.1100×10^{-4}	C_{11}	6.1160×10^{-6}	C_{13}	9.5203×10^{-6}
C_{15}	7.6442×10^{-6}				
FFS④					
C_4	-3.7059×10^{-2}	C_6	1.2262×10^{-2}	C_8	8.6479×10^{-4}
C_{10}	-2.3570×10^{-3}	C_{11}	4.5886×10^{-4}	C_{13}	6.4202×10^{-4}
C_{15}	3.8780×10^{-4}				
偏心(1)					
X	-100.00	Y	-30.08	Z	170.57
α	-10.00	β	30.00	γ	0.00
偏心(2)					
X	-100.00	Y	-30.08	Z	170.57
α	-10.00	β	30.00	γ	-83.91

偏心(3)

X -109.00 Y -32.78 Z 185.93

 α -13.81 β 52.32 γ -81.36

偏心(4)

X -95.39 Y -31.10 Z 182.48

 α -152.55 β 80.73 γ 55.25

偏心(5)

X -110.03 Y -31.41 Z 173.84

 α -177.96 β 59.45 γ 79.59

偏心(6)

X -111.77 Y -31.44 Z 172.81

 α -168.21 β 68.37 γ 156.78

【0 0 9 7】

実施例 6

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞				
1	∞ (絞り面)		偏心(1)		
2	FFS①		偏心(2)	1.5163	64.1
3	FFS② (RE)		偏心(3)	1.5163	64.1
4	FFS③ (RE)		偏心(4)	1.5163	64.1
5	FFS②		偏心(3)		
像 面	∞		偏心(5)		

FFS①

 C_4 -6.7134×10^{-23} C_6 $-5.9354 \times 10^{-2} a$

FFS②

 C_4 9.7906×10^{-3} C_6 2.3959×10^{-3} C_8 -1.1266×10^{-4}
 C_{10} -1.8072×10^{-5} C_{11} 8.5713×10^{-6} C_{13} -1.4818×10^{-5}
 C_{15} 1.1678×10^{-6}

F F S ③

C_4	1.0697×10^{-2}	C_6	8.2264×10^{-3}	C_8	-5.5642×10^{-6}
C_{10}	2.2819×10^{-5}	C_{11}	1.9081×10^{-6}	C_{13}	4.8203×10^{-7}
C_{15}	1.0884×10^{-6}				

偏心(1)

X	-150.00	Y	-45.12	Z	255.86
α	-10.00	β	30.00	γ	0.00

偏心(2)

X	-150.00	Y	-45.12	Z	255.86
α	-10.00	β	30.00	γ	-75.69

偏心(3)

X	-151.61	Y	-45.60	Z	258.60
α	-56.08	β	74.73	γ	-35.68

偏心(4)

X	-132.26	Y	-42.19	Z	276.08
α	-149.88	β	68.01	γ	55.15

偏心(5)

X	-166.01	Y	-49.71	Z	278.60
α	-70.20	β	76.66	γ	55.97

【0098】

上記実施例4の像歪みを示す収差図を図18に示す。また、実施例4の横収差図を図19に示す。この横収差図において、括弧内に示された2つの数字は（水平（X方向）画角、垂直（Y方向）画角）を表し、その画角における横収差を示す。

【0099】

次に、実施例7として、図20に投影観察装置の模式的斜視図を示す。なお、数値データは省略する。

【0100】

この実施例の投影観察装置は、接眼光学系3側から、面对称形状の偏心プリズ

ム 2 3 と偏心プリズム 2 1 からなる投影光学系 2 を備えている。偏心プリズム 2 3 は、第 1 面 4 1、第 2 面 4 2 及び第 3 面 4 3 を有する。第 1 面 4 1 は透過面であって、偏心プリズム 2 1 を射出した光がこの面から入射する。第 2 面 4 2 は反射面であって、第 1 面 4 1 からプリズム内に入射した光をこの面で反射（全反射あるいはミラー反射）させる。第 3 面 4 3 は透過面であって、第 2 面 4 2 で反射した光がこの面からプリズム外に射出する。また、偏心プリズム 2 1 は、実施例 5 と同様の面配置の偏心プリズムである。偏心プリズム 2 1 の射出面 4 4 が偏心プリズム 2 3 の第 1 面 4 1 に向き合うように、2 つの偏心プリズムが配置されている。そして、偏心プリズム 2 1 の入射面 4 1 に面して、表示素子 1 が配置されている。

【0 1 0 1】

この実施例において、偏心プリズム 2 1 内の軸上主光線が含まれる平面（対称面）と、偏心プリズム 2 3 内の軸上主光線が含まれる平面（対称面）とは相互に 45° を成すように配置されている。すなわち、偏心プリズム 2 1 から出る軸上主光線の周りで偏心プリズム 2 3 が 45° 回転した関係になるように、偏心プリズム 2 1 と偏心プリズム 2 3 が配置されている。そして、表示素子 1 は、偏心プリズム 2 1 へ入射する軸上主光線の回りで 45° 傾くように配置される。これにより、接眼光学系 3 上で投影光学系 2 から射出する軸上主光線の回りで、投影像が 45° 傾くのを補償することができる。

【0 1 0 2】

また、実施例 8 として、数値データは省いているが、図 2 1 にこの実施例の投影観察装置の模式的斜視図を示す。

【0 1 0 3】

この実施例の投影観察装置は、接眼光学系 3 側から、面对称形状の偏心プリズム 2 1 と偏心プリズム 2 1' からなる投影光学系 2 を用い、偏心プリズム 2 1 と 2 1' は実施例 5 と同様の面配置の偏心プリズムである。そして、偏心プリズム 2 1' の入射面 4 1 に面して表示素子 1 が配置されている。

【0 1 0 4】

この実施例においても、偏心プリズム 2 1 内の軸上主光線が含まれる平面（対

称面)と、偏心プリズム21'内の軸上主光線が含まれる平面(対称面)とは相互に45°を成すように、偏心プリズム21'から出る軸上主光線の周りで偏心プリズム21が45°回転した関係になるように、偏心プリズム21と偏心プリズム21'が配置されている。そして、表示素子1は、投影像が接眼光学系3上で投影光学系2から射出する軸上主光線の回りで45°傾くのを補償するために、偏心プリズム21'へ入射する軸上主光線の回りで45°傾くように配置される。

【0105】

この実施例7、8のように、2つ以上の偏心プリズムを組み合わせて投影光学系2を構成することもできる。その場合に、各偏心プリズムを面对称形状の偏心プリズムとし、両者の対称面が相互に所定角度成すように組み合わせて任意の方向に軸上主光線向け、その回転に伴う投影像の投影面(接眼光学系3)での傾きを表示素子1の軸上主光線の回りでの回転によって補償することが可能である。

【0106】

ところで、本発明ので用いる拡散板4として、特願2001-370950の作製方法に基づき、以下のようにして作製した。まず、サンドブラスト法により粒径が制限された球形ビーズを、型となる金属板に吹き付けた。次に、この金属板に形成されたランダム配置の凹面群を透明樹脂板に転写し複製した。このようにして、透明樹脂板の1面にランダムな凹凸形状が形成された1回透過型拡散板を作製した。サンプルは11個作製した。それぞれのサンプル番号を#1～#11としたとき、これら#1～#11の拡散板の拡散光の角度分布は図22のようになった。#1～#11の拡散板の S_m/R_a の値、その拡散角の半値全幅、10分の1全幅は次の通りである。この結果から、上記実施例の拡散板4としては、#11の拡散板を使用することが望ましい。

【0107】

サンプル	S_m/R_a	拡散角半値全幅	拡散角10分の1全幅
#1	316.67	0.096	0.858
#2	206.25	0.104	0.980

# 3	2 0 5 . 8 8	0 . 1 1 4	1 . 1 6 4
# 4	1 6 3 . 6 4	0 . 1 4 4	1 . 5 1 0
# 5	1 7 7 . 7 8	0 . 2 3 0	2 . 2 3 6
# 6	2 2 3 . 5 3	0 . 1 0 8	1 . 0 6 2
# 7	1 7 2 . 0 0	0 . 1 4 8	1 . 5 7 2
# 8	1 7 4 . 0 7	0 . 1 5 6	1 . 6 3 2
# 9	1 6 5 . 5 2	0 . 2 8 6	2 . 5 7 2
# 1 0	1 6 0 . 6 1	1 . 3 6 8	3 . 4 7 0
# 1 1	1 3 8 . 4 6	2 . 4 7 0	5 . 0 4 0

図 2 3 に、本発明の投影観察装置を自動車のダッシュボード 5 0 の一部に取り付け、運転者と助手席に乗っている同乗者の両者にそれぞれ別々の映像、例えば運転者にはナビゲーションの映像を、同乗者には T V 映像を同時に表示して別々に観察可能にする例を示す図である。この場合、接眼光学系 3 は反射タイプのもを用い、図の投影光学系 2_1 は運転者用、投影光学系 2_2 は同乗者用になる。そして、接眼光学系 3 により投影された投影光学系 2_1 、 2_2 の射出瞳像 6 1、6 2 はそれぞれ運転者、同乗者の眼球近傍に位置することになり、拡散板 4 の拡散特性により観察しやすい大きさの瞳径の射出瞳にそれぞれ拡大される。

【0 1 0 8】

以上の本発明の投影観察装置は例えば次のように構成することができる。

【0 1 0 9】

〔1〕 少なくとも 2 つ表示素子と、前記少なくとも 2 つの表示素子に表示された映像を異なる方向から拡大投影する少なくとも 2 つの投影光学系と、前記少なくとも 2 つの投影光学系で投影された像近傍に配置された共通の拡散板と、前記投影光学系各々の射出瞳を観察者側に投影する共通の接眼光学系とを備えていることを特徴とする投影観察装置。

【0 1 1 0】

〔2〕 前記拡散板の拡散角は、半値全幅で 20° 以下であることを特徴とする上記 1 記載の投影観察装置。

【0 1 1 1】

〔3〕 前記拡散板の拡散角は、10分の1全幅で40°以下であることを特徴とする上記1又は2記載の投影観察装置。

【0112】

〔4〕 前記拡散板の表面粗さは、以下の条件を満足することを特徴とする上記1から3の何れか1項記載の投影観察装置。

【0113】

$$5 < (S_m / R_a) < 1000 \quad \dots (1)$$

ただし、 S_m はJIS B0601による表面の凹凸の平均間隔(μm)、 R_a は表面の中心線平均粗さ(μm)である。

【0114】

〔5〕 以下の条件を満足することを特徴とする上記4記載の投影観察装置。

【0115】

1回透過型の拡散板では、

$$5 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 70 \quad \dots (2)$$

2回透過型の拡散板では、

$$10 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 80 \quad \dots (3)$$

表面反射型の拡散板では、

$$50 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 200 \quad \dots (4)$$

裏面反射型の拡散板では、

$$80 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 250 \quad \dots (5)$$

ただし、 S_m はJIS B0601による表面の凹凸の平均間隔(μm)、 R_a は表面の中心線平均粗さ(μm)、 E_p は拡散板の拡散面から観察者の眼の位置までの距離(mm)である。

【0116】

〔6〕 以下の条件を満足することを特徴とする上記4又は5記載の投影観察装置。

【0117】

$$S_m < 200 \mu m \quad \dots (9)$$

〔7〕 記投影光学系の光軸の何れか一方が前記接眼光学系と交差し、交差する点における前記接眼光学系の垂線とその光軸とのなす角が 10° 以上であることを特徴とする上記1から6の何れか1項記載の投影観察装置。

【0118】

〔8〕 前記投影光学系の少なくとも1つは、屈折率(n)が1よりも大きい($n > 1$)媒質で形成された偏心プリズムを1個以上備えた偏心プリズム光学系からなり、前記偏心プリズムは、表示素子から射出された光束をプリズム内に入射する入射面と、その光束をプリズム内で反射する少なくとも1つの反射面と、光束をプリズム外に射出する射出面とを有し、その少なくとも1つの反射面が曲面形状を有し、その曲面形状が偏心によって発生する収差を補正する回転非対称な面形状にて構成されていることを特徴とする上記7記載の投影観察装置。

【0119】

〔9〕 前記偏心プリズムの少なくとも1つが、前記表示素子からの光束をプリズム内に入射させる入射面と、その入射面からプリズム内に入射した光束をプリズム内で反射する第1反射面と、その第1反射面で反射された光束をプリズム内で反射する第2反射面と、その第2反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とを備え、その入射面から第1反射面へ向かう光束と第2反射面から射出面へ向かう光束とがプリズム内で交差する面配置の偏心プリズムからなることを特徴とする上記8記載の投影観察装置。

【0120】

〔10〕 前記偏心プリズムの少なくとも1つが、前記表示素子からの光束をプリズム内に入射させる入射面と、その入射面からプリズム内に入射した光束をプリズム内で反射する第1反射面と、その第1反射面で反射された光束をプリズム内で反射する第2反射面と、その第2反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とを備え、その入射面と第2反射面とを1面で兼用した偏心プリズムからなることを特徴とする上記8記載の投影観察装置。

【0121】

〔11〕 前記表示素子に表示する像を前記投影光学系による像歪みを補償するように歪ませて表示するように構成されていることを特徴とする上記1から

1 0 の何れか 1 項記載の投影観察装置。

【0 1 2 2】

〔1 2〕 前記接眼光学系がフレネルレンズからなることを特徴とする上記 1 から 1 1 の何れか 1 項記載の投影観察装置。

【0 1 2 3】

〔1 3〕 前記接眼光学系が反射面からなることを特徴とする上記 1 から 1 1 の何れか 1 項記載の投影観察装置。

【0 1 2 4】

〔1 4〕 前記接眼光学系がフレネル反射鏡からなることを特徴とする上記 1 3 記載の投影観察装置。

【0 1 2 5】

〔1 5〕 前記接眼光学系がフレネル裏面反射鏡からなることを特徴とする上記 1 3 記載の投影観察装置。

【0 1 2 6】

〔1 6〕 前記拡散面が前記接眼光学系の少なくとも 1 面に設けられていることを特徴とする上記 1 1 から 1 5 の何れか 1 項記載の投影観察装置。

【0 1 2 7】

〔1 7〕 前記偏心プリズム光学系は面对称形状に構成され、その投影光学系の光軸が前記接眼光学系と交差する点における前記接眼光学系の垂線とその光軸がなす角が 10° 以上であることを特徴とする上記 8 記載の投影観察装置。

【0 1 2 8】

〔1 8〕 前記交差する点を略含むように前記偏心プリズム光学系の対称面が配置され、前記偏心プリズム光学系に対応する前記表示素子の表示画面の縦又は横方向が前記接眼光学系近傍に投影されたときに、前記接眼光学系の縦又は横方向と略一致するように、前記偏心プリズム光学系の物体面に前記表示素子が配置されていることを特徴とする上記 1 7 記載の投影観察装置。

【0 1 2 9】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明によると、観察方向により異なる映像

を 1 つの表示面に同時に少なくとも 2 つ観察可能に表示する、簡単な構成で照明効率の良い投影観察装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の投影観察装置の光学系の概念図である。

【図 2】

映像を一部重ねて投影する本発明の投影観察装置の光学系の概念図である。

【図 3】

小さい射出瞳を観察しやすい大きさの瞳径の射出瞳に拡大する拡散板の機能を説明するための図である。

【図 4】

2 次元偏心的に投影光学系を配置した場合の投影光学系の光軸が接眼光学系の垂線となす角度を説明するための図である。

【図 5】

3 次元偏心的に投影光学系を配置した場合の図 4 と同様の図である。

【図 6】

回転対称なレンズ系と偏心プリズムを組み合わせて投影光学系を構成した場合の光学系を模式的に示す図である。

【図 7】

本発明における透過型拡散板の算術平均荒さ R_a と凹凸の平均間隔 S_m との関係を求めるための図である。

【図 8】

透過型拡散板の拡散面での入射角と屈折角の関係を示す図である。

【図 9】

本発明における反射型拡散板の算術平均荒さ R_a と凹凸の平均間隔 S_m との関係を求めるための図である。

【図 10】

反射型拡散板の拡散面での入射角と反射角の関係を示す図である。

【図 11】

本発明における拡散板の S_m/R_a と拡散半角との関係を示す図である。

【図 1 2】

本発明の実施例 1 の接眼光学系の光軸を含む光路図である。

【図 1 3】

本発明の実施例 2 の接眼光学系の光軸を含む光路図である。

【図 1 4】

本発明の実施例 3 の接眼光学系の光軸を含む光路図である。

【図 1 5】

本発明の実施例 4 の投影光学系の光路図である。

【図 1 6】

本発明の実施例 5 の投影光学系の光路図である。

【図 1 7】

本発明の実施例 6 の投影光学系の光路図である。

【図 1 8】

実施例 4 の像歪みを示す収差図である。

【図 1 9】

実施例 4 の横収差図である。

【図 2 0】

本発明の実施例 7 の投影観察装置の模式的斜視図である。

【図 2 1】

本発明の実施例 8 の投影観察装置の模式的斜視図である。

【図 2 2】

本発明において使用可能ないくつかの例の 1 回透過型拡散板の拡散光の角度分布を示す図である。

【図 2 3】

本発明の投影観察装置を自動車のダッシュボードに取り付けた例を示す図である。

【符号の説明】

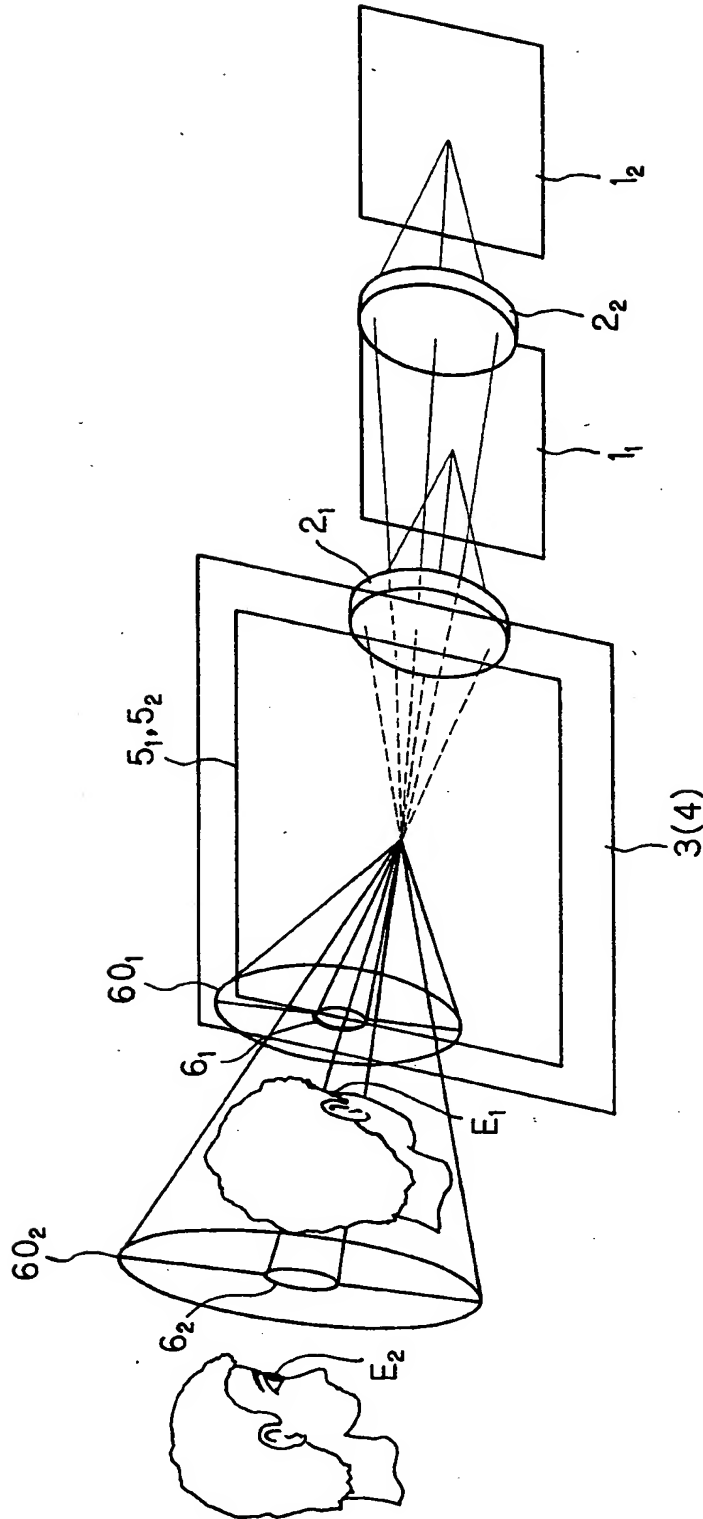
1、 1_1 、 1_2 …表示素子

- 2、 2_1 、 2_2 … 投影光学系
- 3 … 接眼光学系
- 4 … 拡散板
- 5_1 、 5_2 … 表示像
- 6、 6_1 、 6_2 … 射出瞳（投影光学系の射出瞳像）
- $6'$ 、 $6_1'$ 、 $6_2'$ … 投影光学系の射出瞳
- 10 … 軸上主光線
- 11 … 観察者瞳位置に相当する面
- 12 … 投影光学系の射出瞳に相当する面
- 21、 $2_1'$ 、22、23 … 偏心プリズム
- 31 … アナモルフィック反射鏡
- 32 … 自由曲面の反射面
- 33 … フレネル裏面反射鏡
- 34 … 入射面
- 35 … 裏面（フレネル反射面）
- 41 … 第1面
- 42 … 第2面
- 43 … 第3面
- 44 … 第4面
- 50 … ダッシュボード
- 60、601、602 … 拡大された射出瞳（投影光学系の射出瞳像）
- E、 E_1 、 E_2 … 観察者眼球
- M_1 、 M_2 … 観察者

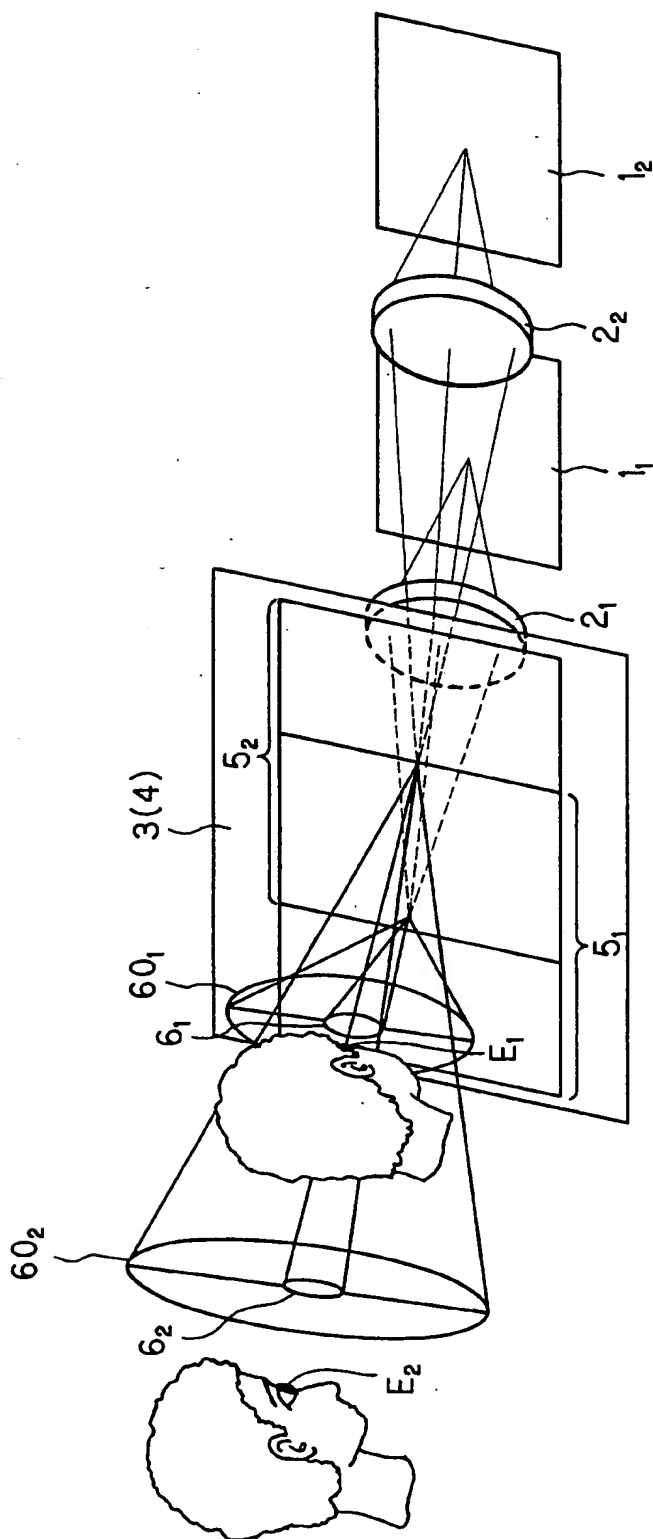
【書類名】

図面

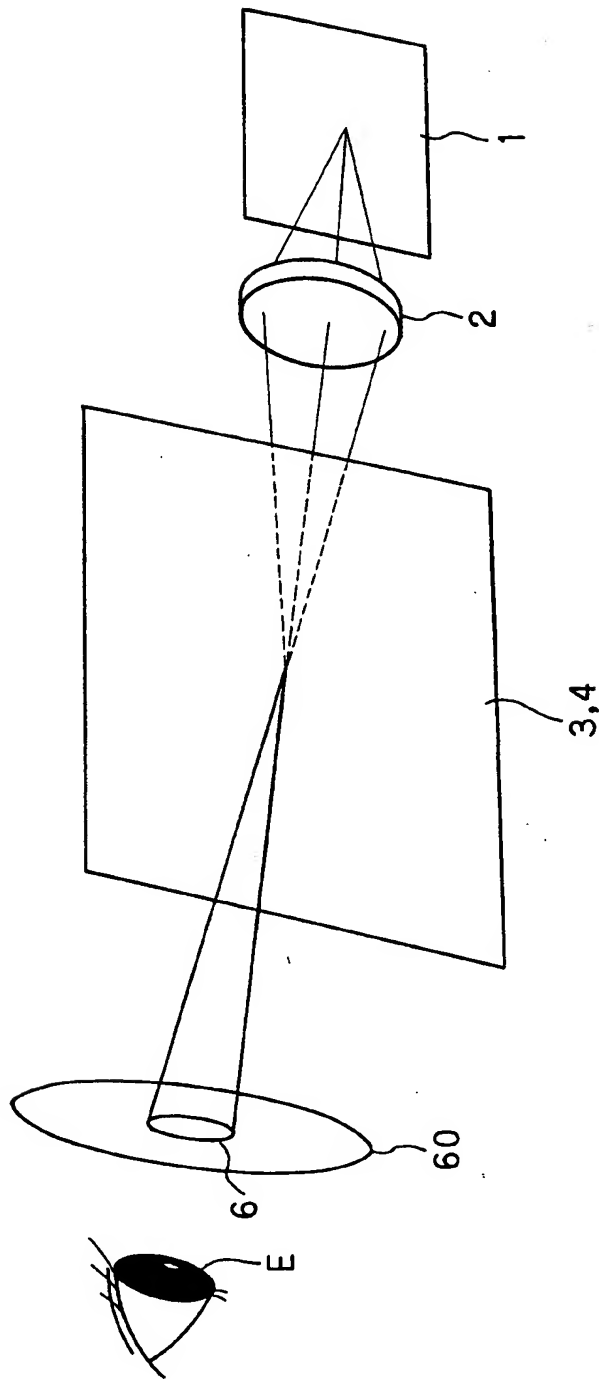
【図 1】



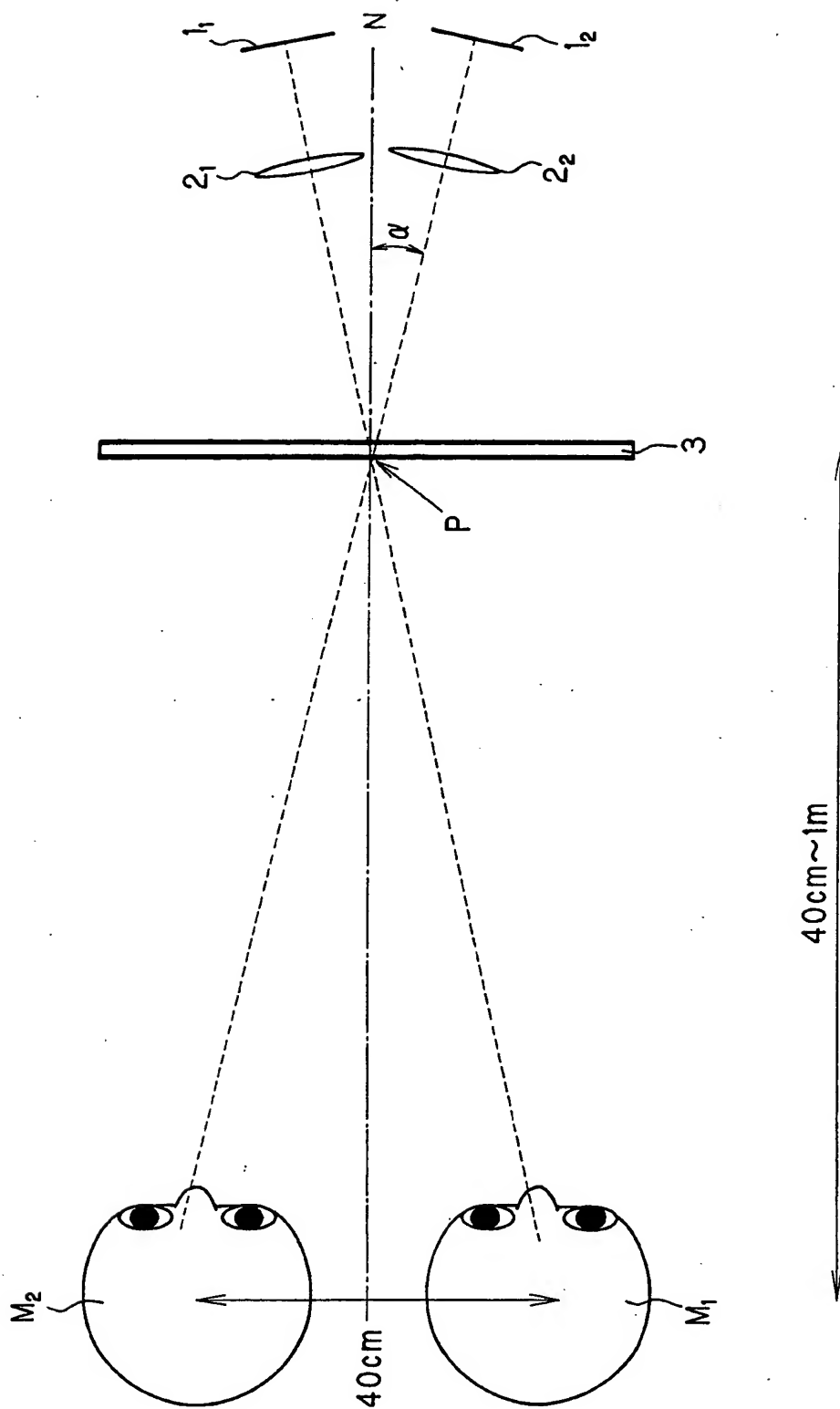
【図 2】



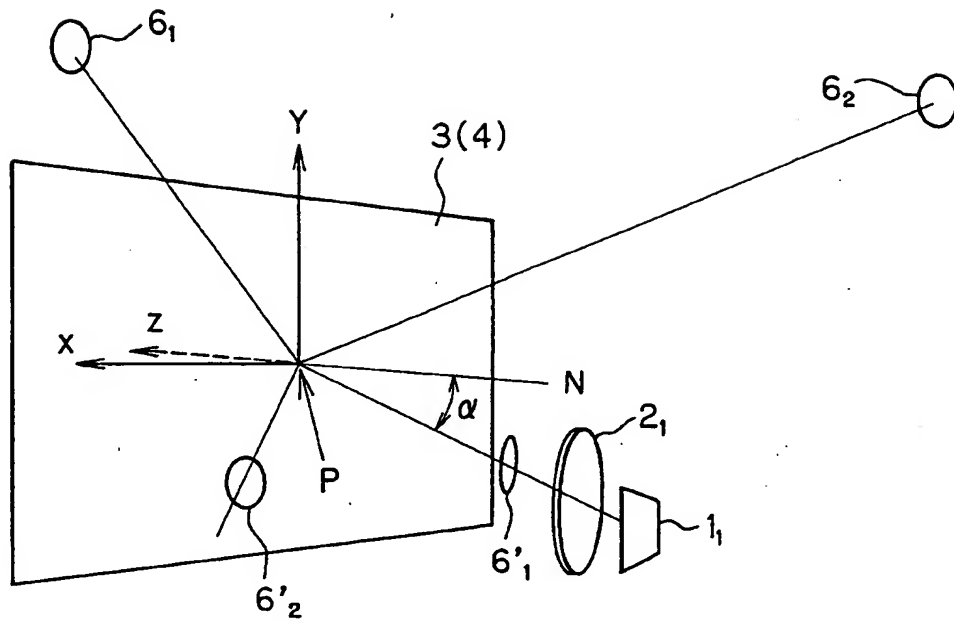
【図 3】



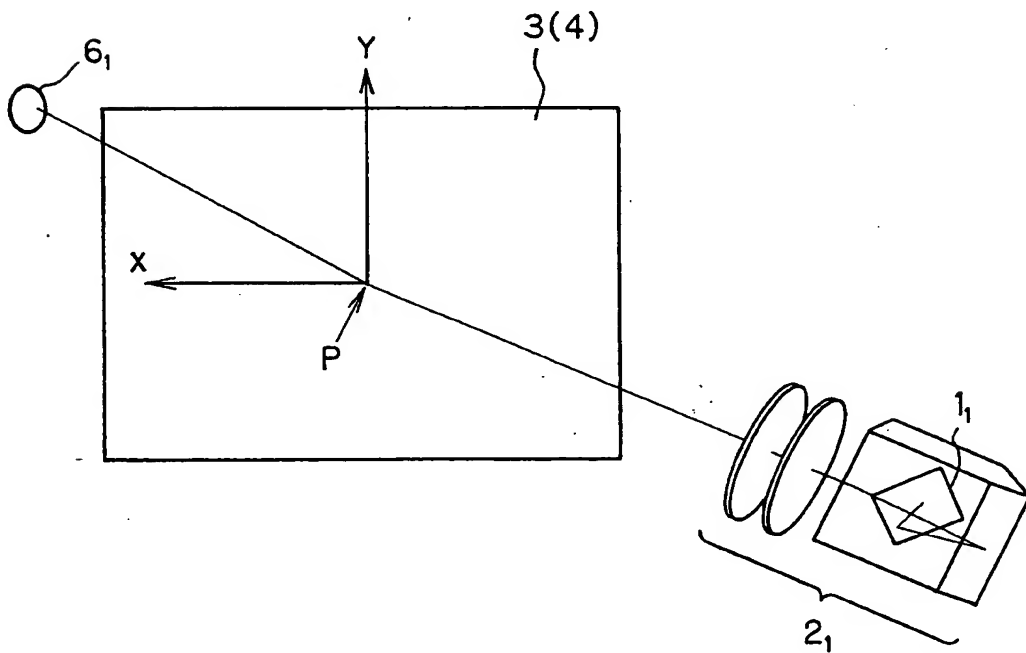
【図 4】



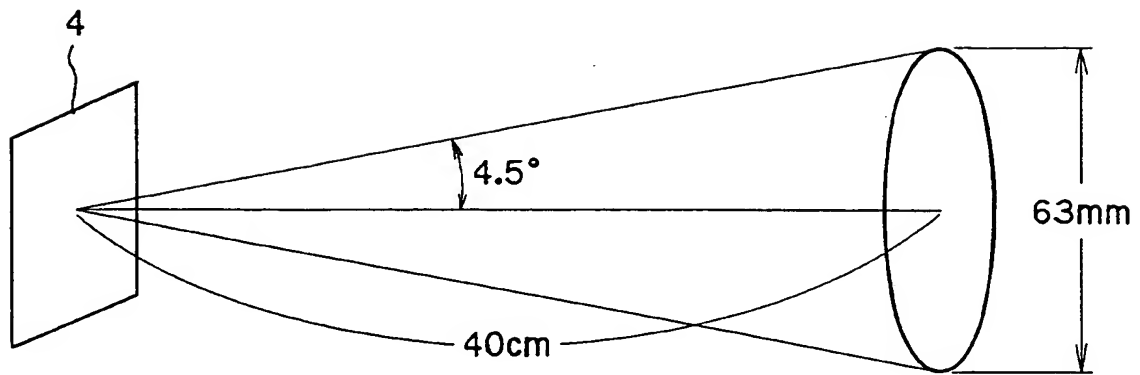
【図 5】



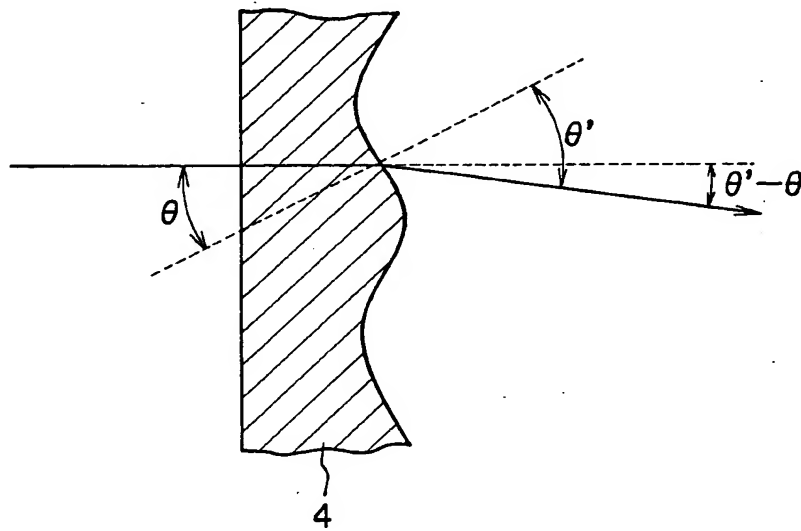
【図 6】



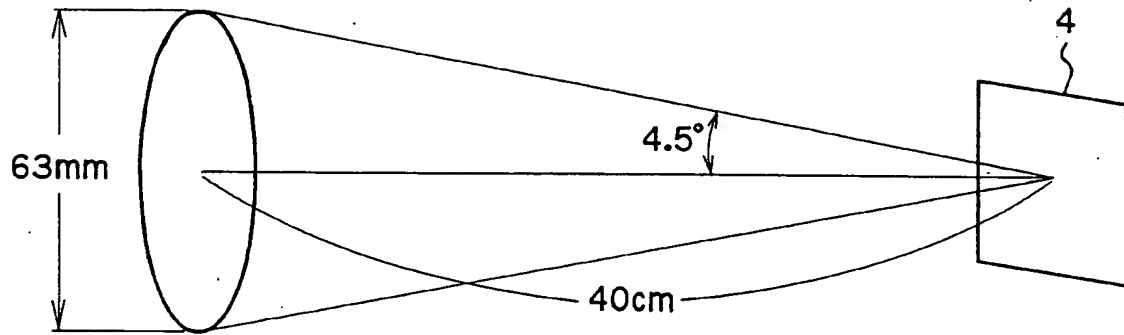
【図 7】



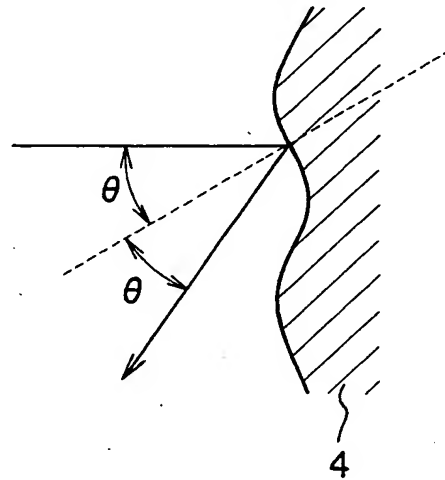
【図 8】



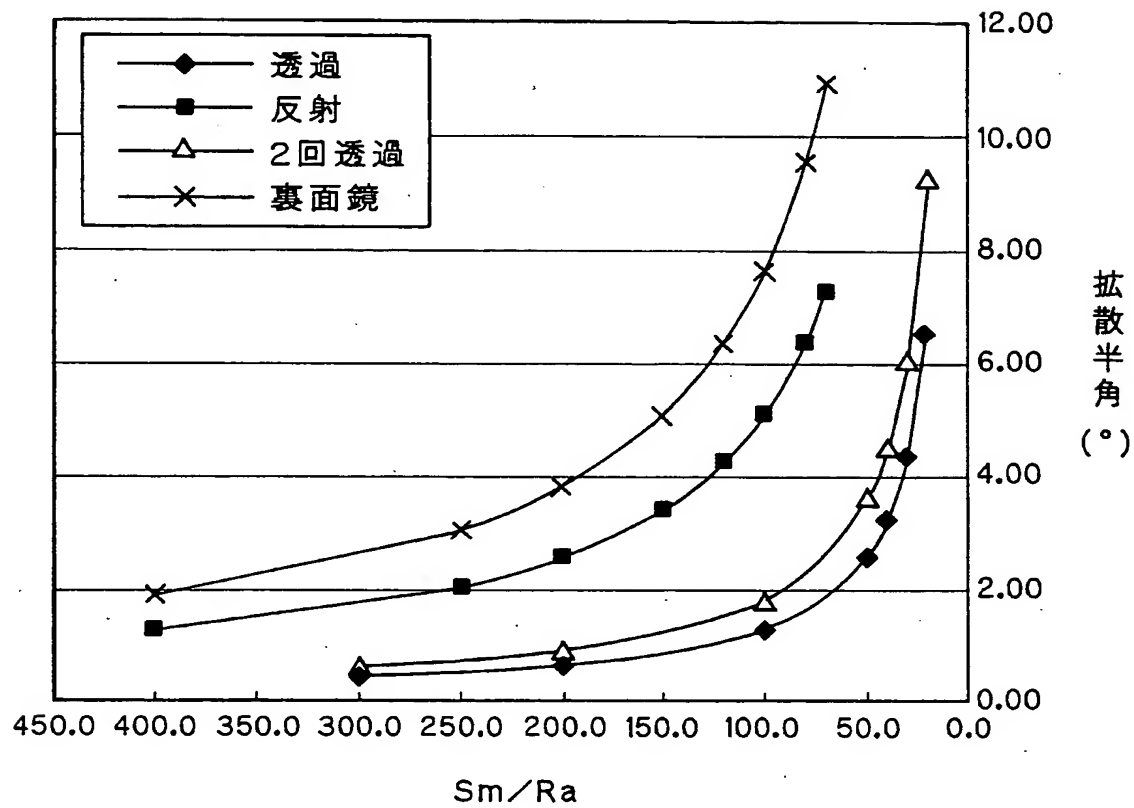
【図 9】



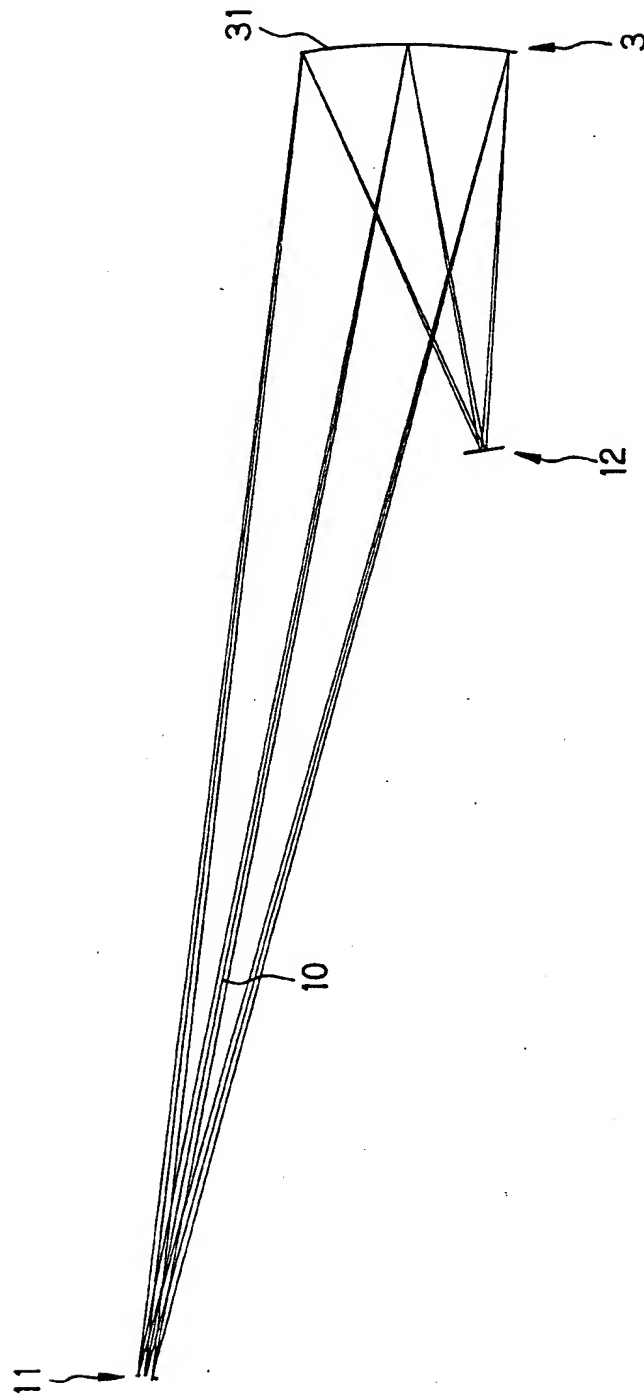
【図 1 0】



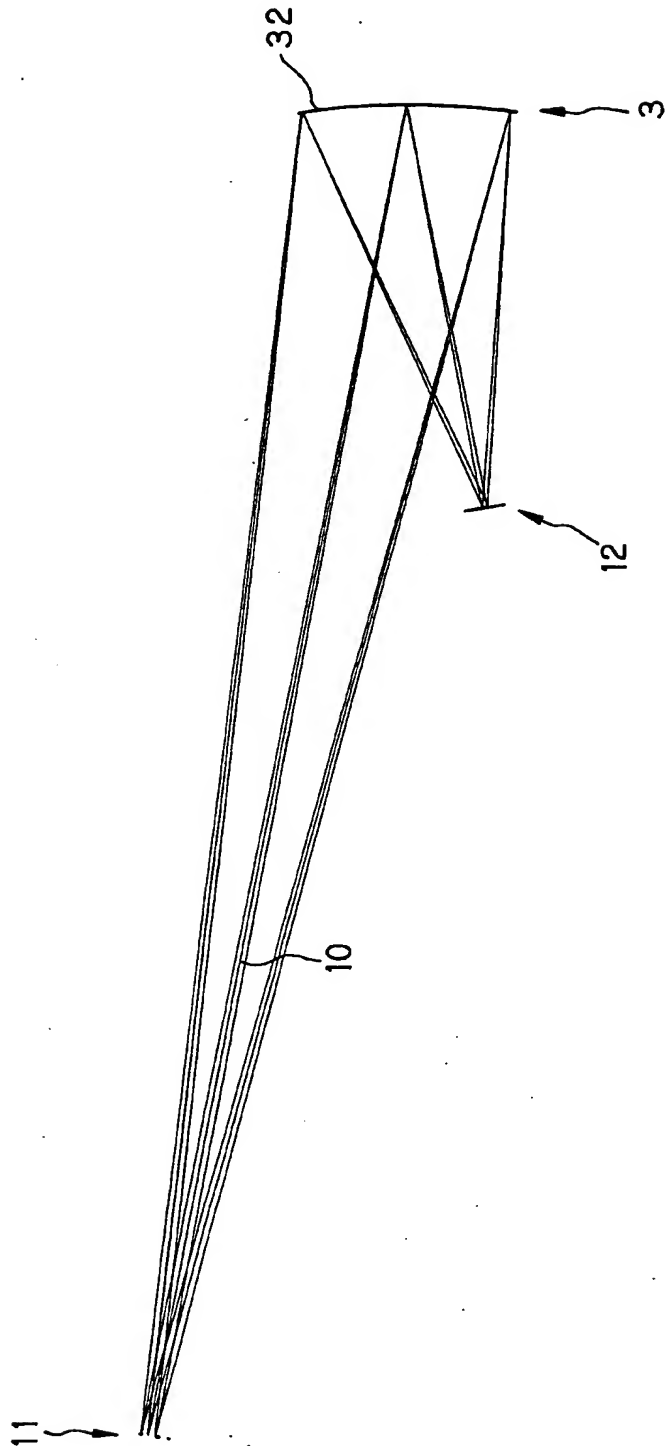
【図 1 1】



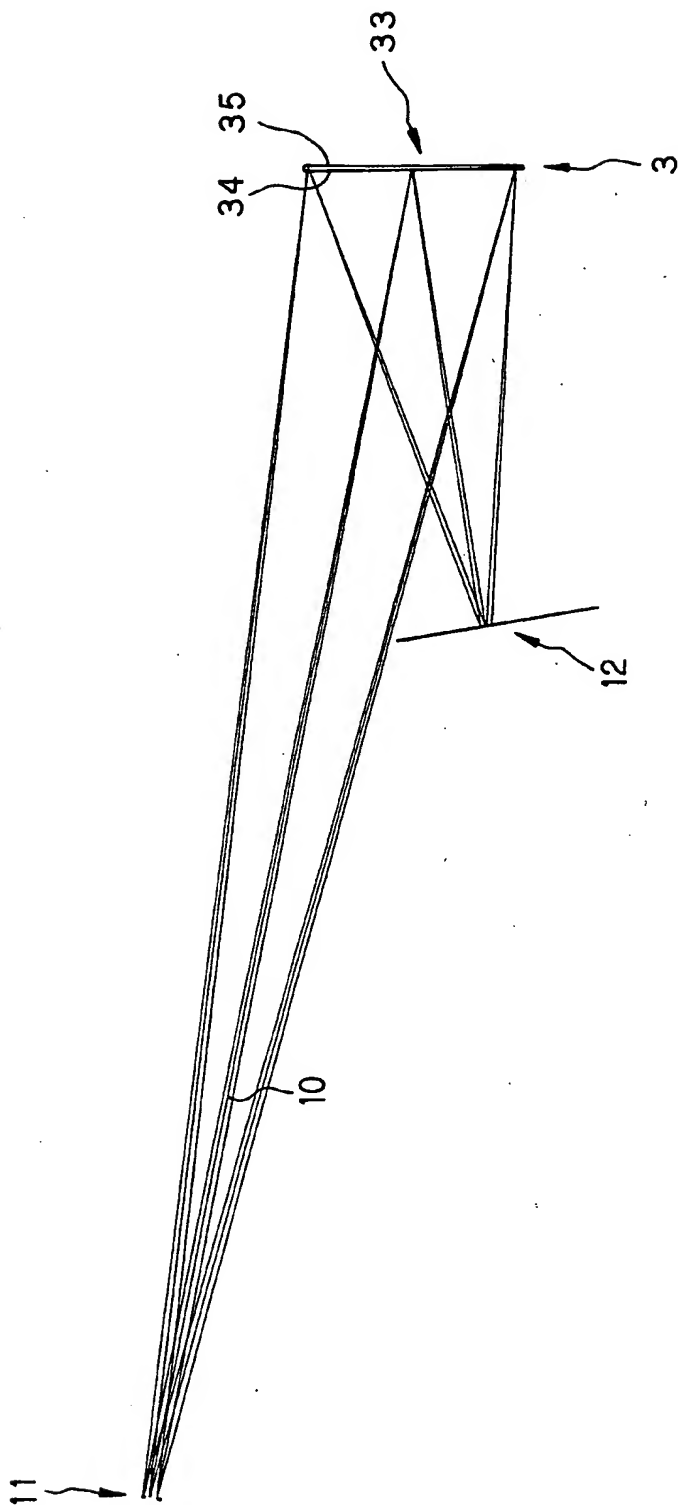
【図 12】



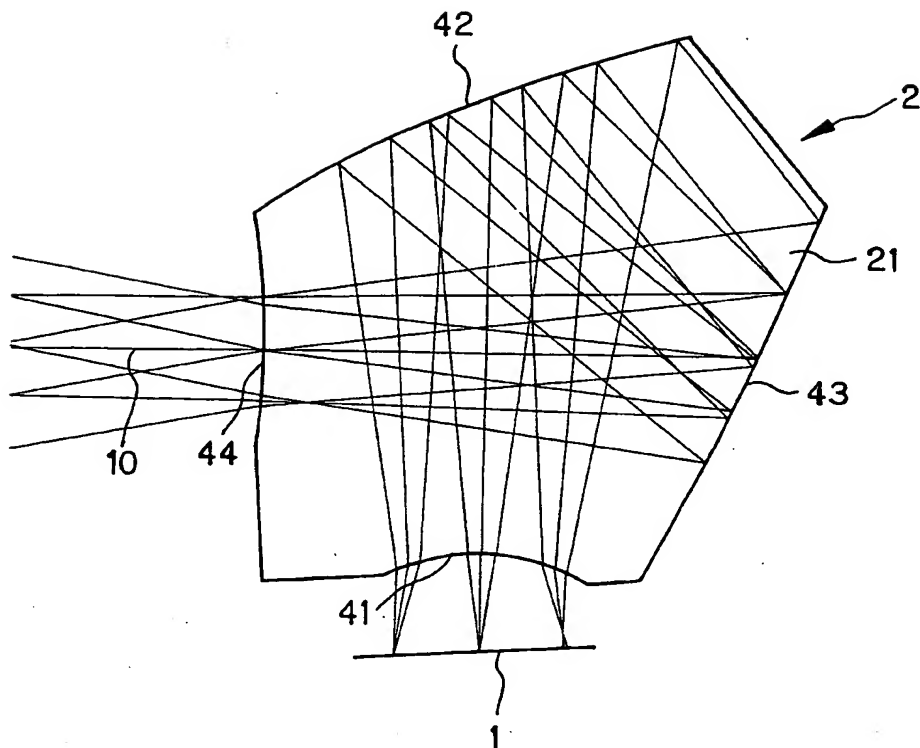
【図 1 3】



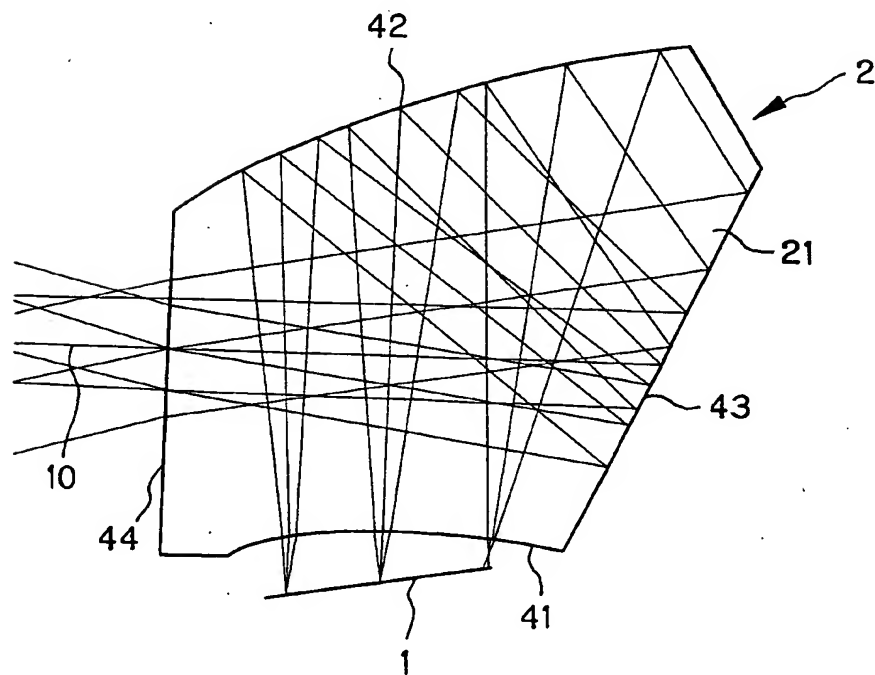
【図 14】



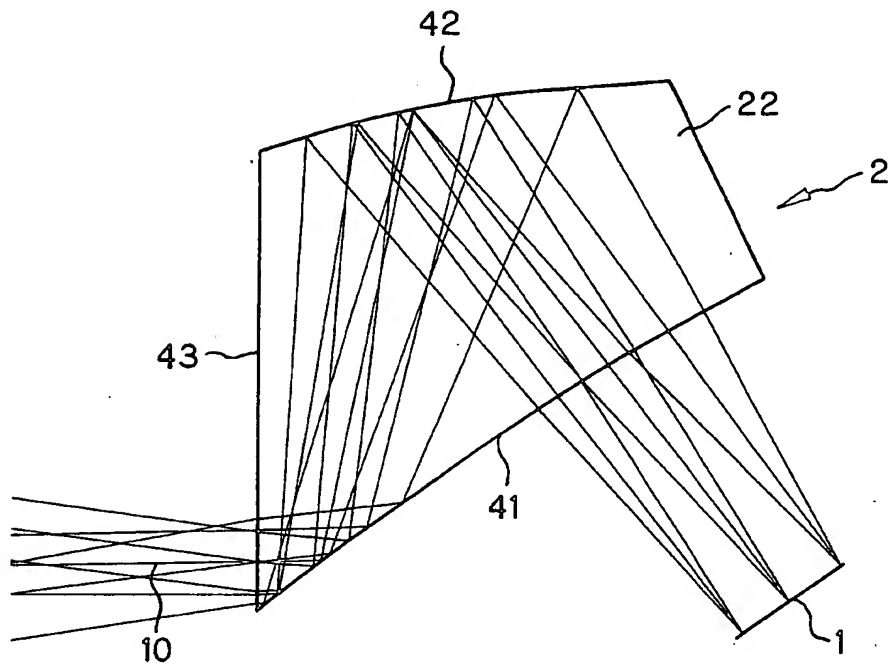
【図 15】



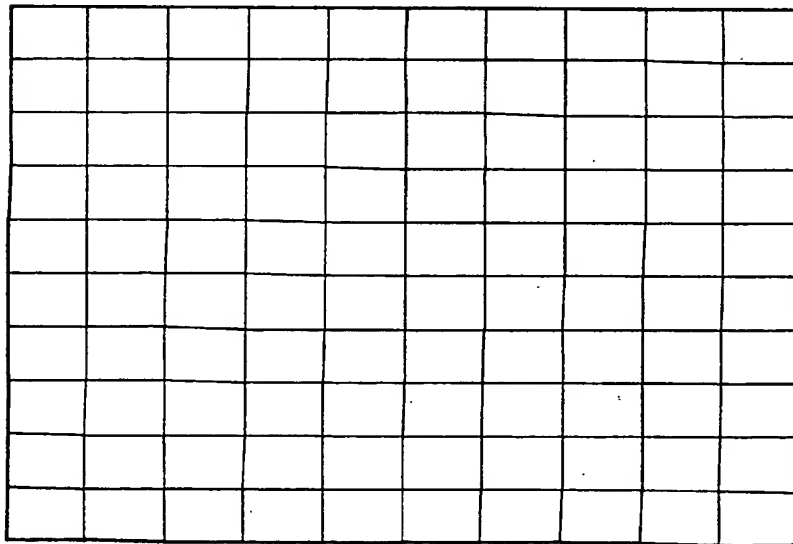
【図 16】



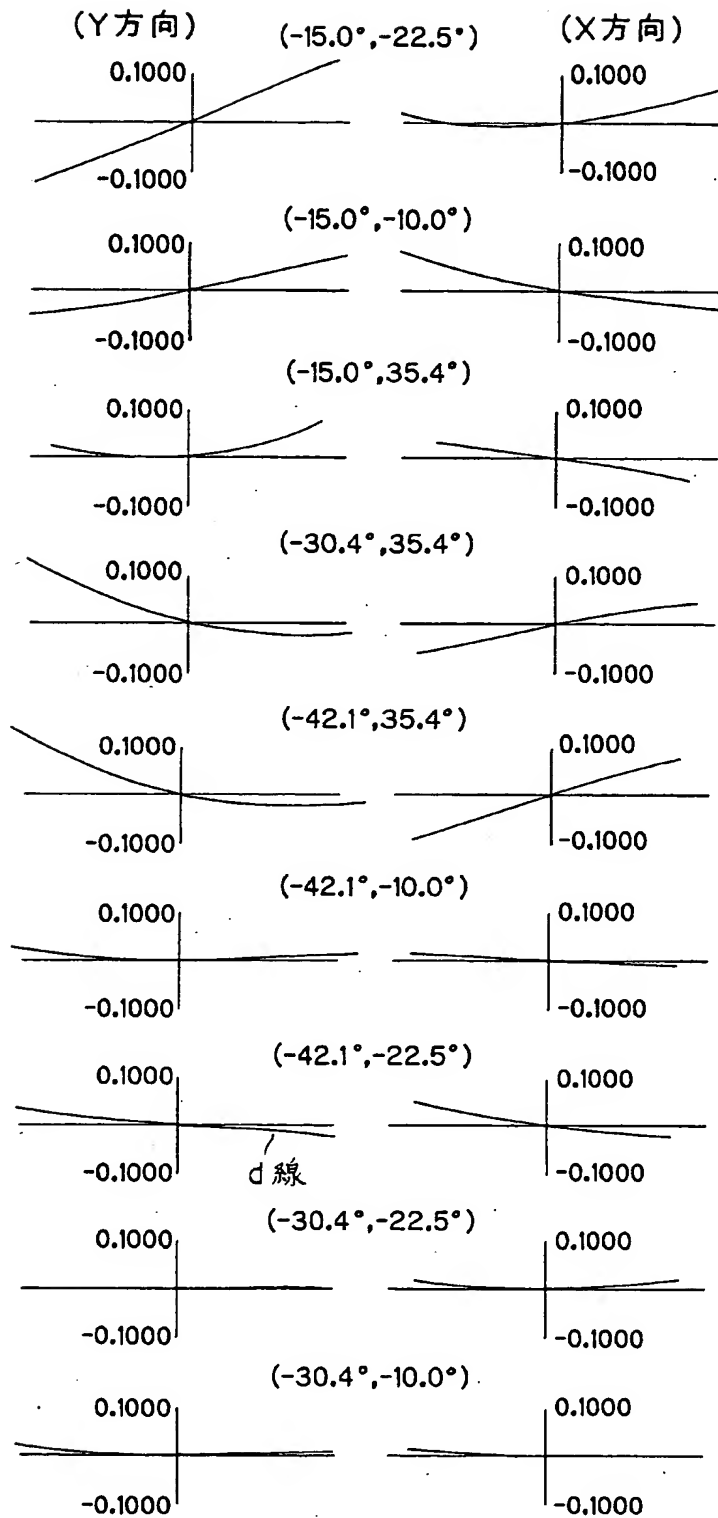
【図 17】



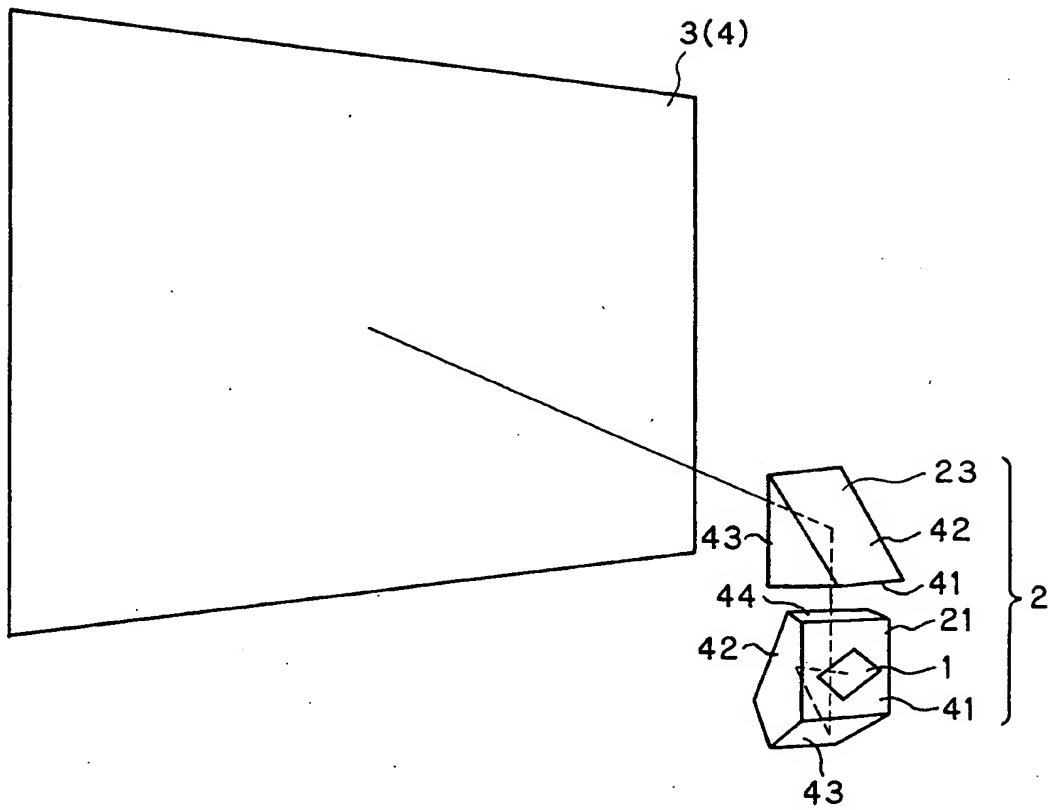
【図 18】



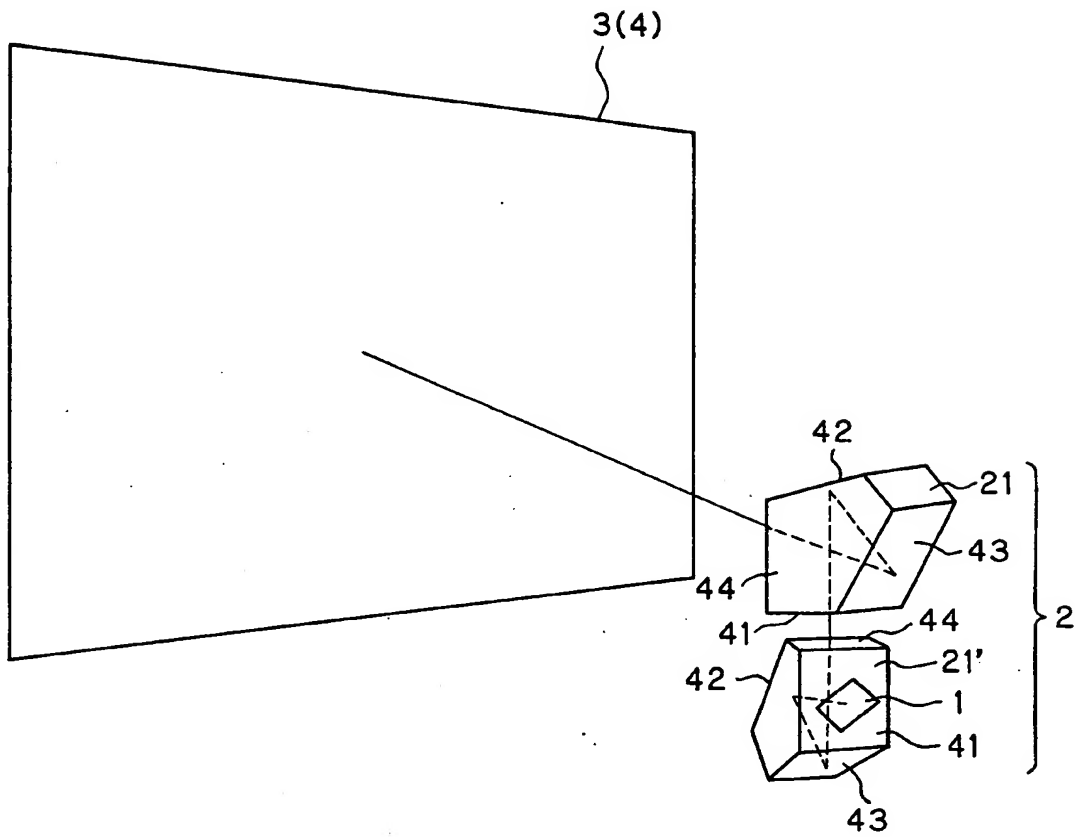
【図 19】



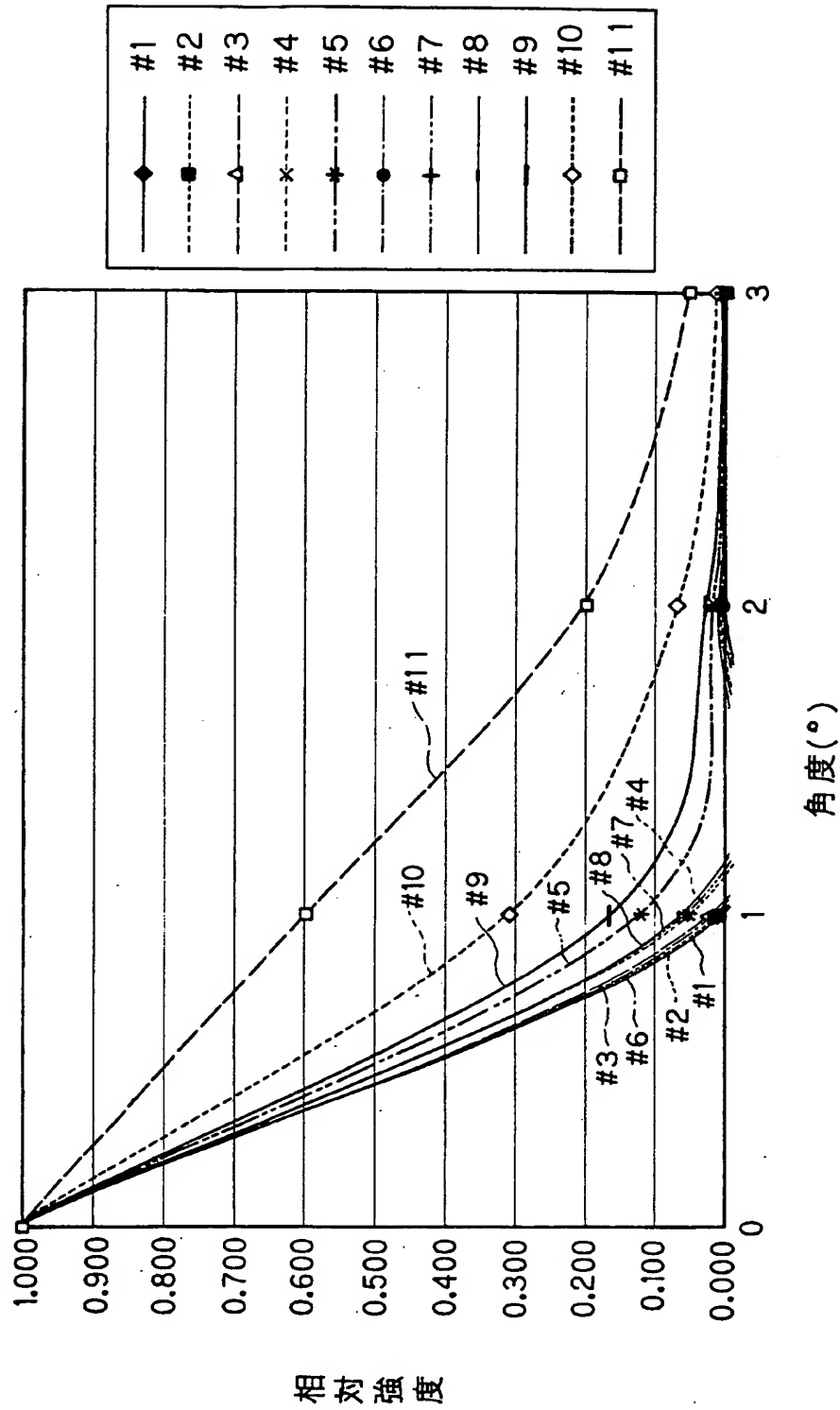
【図 2 0】



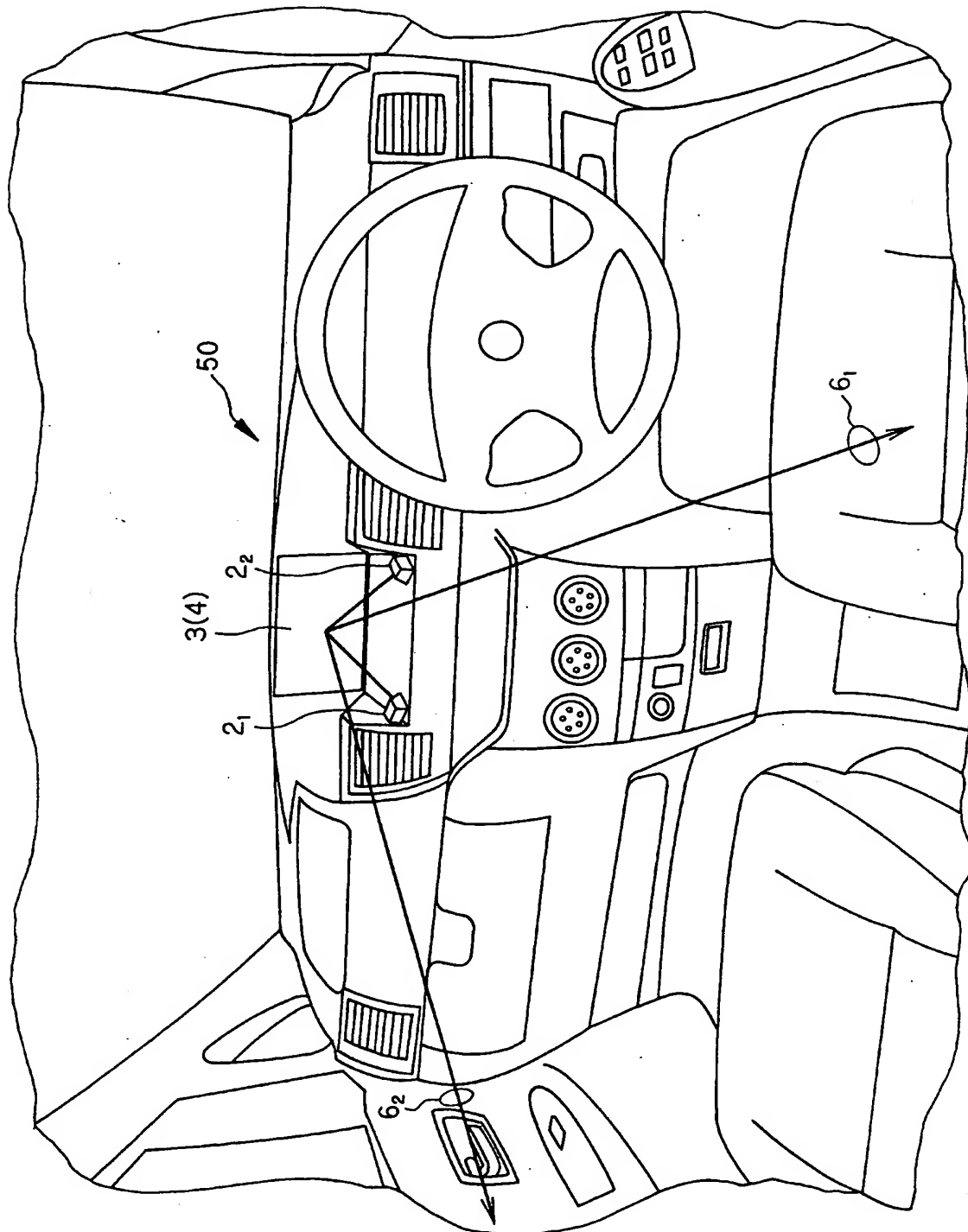
【図 21】



【図 2 2】



【図23】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 観察方向により異なる映像を1つの表示面に同時に少なくとも2つ観察可能に表示する簡単な構成で照明効率の良い投影観察装置。

【解決手段】 1つの表示面に観察方向により異なる映像を同時に少なくとも2つ観察可能に表示する投影観察装置であり、少なくとも2つ表示素子 1_1 、 1_2 と、その表示素子 1_1 、 1_2 に表示された映像を異なる方向から拡大投影する少なくとも2つの投影光学系 2_1 、 2_2 と、その投影光学系 2_1 、 2_2 で投影された像近傍に配置された共通の拡散板4と、投影光学系 2_1 、 2_2 各々の射出瞳を観察者眼球 E_1 、 E_2 に投影する共通の接眼光学系3とを備えている投影観察装置。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000376]

1. 変更年月日	1990年 8月20日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
氏 名	オリンパス光学工業株式会社